

**VALORACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD
DEL CULTIVO DE *Pleurotus Ostreatus* EN TRES SUSTRATOS GENERADOS A
PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN EL MUNICIPIO DE SUPIA -
CALDAS**

Carolina Moreno Moreno

Trabajo de grado dirigido por

Bibiana Rosero Carvajal

Ingeniera de Alimentos

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y ADISTANCIA (UNAD)
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS TECNOLOGIAS E INGENIERIAS –ECBTI-
INGENIERIA DE ALIMENTOS**

Medellín

2019

DEDICATORIA

Mi Madre:

Norby del Socorro Moreno Barrera, como muestra de mi amor, por haberse preocupado por formarme en principios, valores, por esforzarse para que un fuera una persona de bien, a ella un homenaje al ver hoy cumplido una meta más.

Mis hermanos: Juan Camilo Moreno y Nelson Mario Moreno, por confiar en mí y demostrarme su apoyo incondicional desde siempre.

Mis centros de estudio: Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

AGRADECIMIENTOS

Dios:

Por cada una de las bendiciones recibidas, por darme fuerzas cuando en ocasiones quise desistir y por la sabiduría dada para lograr mis metas.

Mi Madre: Porque me dio la vida y las bases para ser una persona incansable en la búsqueda del conocimiento y la realización personal.

Mis hermanos: Porque el afecto demostrado siempre y las palabras alentadoras fueron motor para continuar con la consecución de este sueño.

Al Director del Centro de Investigación, innovación y Tecnología al sector panelero del Departamento de Caldas, ubicado en el Municipio de Supía: Porque gracias a él, tuve un sitio donde desarrollar y llevar a cabo el experimento.

A los Productores agrícolas del municipio de Supía: Por proporcionarme la materia prima para la puesta en marcha del proyecto.

A mis asesores internos y externos: Por su conocimiento puesto a mi servicio para realizar un buen trabajo. Especialmente a la Asesora, Ingeniería de Alimentos Bibiana Rosero Carvajal, por su gran orientación y acompañamientos para llevar a buen término el proyecto desarrollado.

A la universidad nacional abierta y a distancia: Por la modalidad de estudio que imparte, que me dio la oportunidad de avanzar en la vida profesional y darme los cimientos que tengo hoy.

A mi país: Porque gracias a su riqueza biodiversa influencia en mí para optar por esta línea del conocimiento

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
1 Introducción.....	15
2 Planteamiento del problema	18
3 Objetivos.....	20
3.1 Objetivo general	20
3.2 Objetivos Específicos	20
4 Marco teórico.....	21
4.1 Generalidades sobre hongos	21
4.2 Girgolas	25
4.2.1 Generalidades	26
4.2.2 Características Morfológicas.....	28
4.2.3 Características del cultivo	29
4.3 Etapas del cultivo.....	30
4.3.1 Condiciones de Incubación	31
4.3.2 Condiciones de fructificación.....	31
4.3.3 Sustratos utilizados para el cultivo de <i>Pleorotus Osteatrus</i>	31
4.4 Composición química de los residuos agroindustriales.....	32
	4.4.1 Celulosa 32
4.4.2 Hemicelulosa.....	33
	4.4.3 Lignina 33
4.5 Bagazo de caña	34
4.5.1 Composición.....	34
4.6 Cascara de plátano	35

4.6.1	Composición.....	35
4.7	Cascarilla de café.....	36
4.7.1	Composición.....	36
5	Antecedentes.....	38
6	Metodología.....	45
6.1	Área de estudio.....	45
6.2	Fases o etapas.....	45
6.2.1	Recolección de muestras y materias primas del proyecto.....	45
6.2.2	Acondicionamiento de los sustratos.....	46
	6.2.3 Siembra	48
6.3	Análisis proteína.....	54
6.4	Análisis estadístico.....	54
7	Resultados y análisis.....	57
7.1	Recolección de residuos agroindustriales.....	57
7.2	Acondicionamiento de sustratos.....	57
7.3	Siembra, Inoculación, incubación, crecimiento y cosecha.....	58
7.3.1	Colonización Crecimiento y Cosecha.....	60
7.4	Análisis de proteína.....	60
7.5	Diseño experimental.....	61
7.5.1	Tiempo de aparición de primordios primera y segunda réplica (Precocidad):.....	65
7.5.2	Producción: cosecha, eficiencia biológica y tasa de productividad.....	71
8	Conclusiones y Recomendaciones.....	86
9	Bibliografía.....	88
9	ANEXOS.....	93

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: propiedades alimenticias de las setas como hongos comestibles.....	23
Tabla 2: Porcentaje de Formulación	49
Tabla 3: Porcentajes de formulación.....	57
Tabla 4: Características finales de sustratos	57
Tabla 5: Tratamiento	58
Tabla 6: Características finales de sustratos	60
Tabla 7: Proteína total	60
Tabla 8: Kruskal Wallis tiempo de colonización	61
Tabla 9: Comparación entre tratamientos	62
Tabla 10: Kruskal Wallis réplica 2	63
Tabla 11: Comparación entre tratamientos	64
Tabla 12: Precocidad.....	66
Tabla 13: Kruskal Wallis Precocidad.....	67
Tabla 14: Comparación entre tratamientos	68
Tabla 15: Kruskal Wallis de la segunda réplica.....	69
Tabla 16: Comparación entre tratamientos	70
Tabla 17: Cosecha por bolsa	72
Tabla 18: Anova (Cosecha)	73
Tabla 19: Tukey	73
Tabla 20: Anova 2.....	74
Tabla 21: Tukey	74
Tabla 22: eficiencia biológica	75
Tabla 23: Anova.....	77

Tabla 24: Tukey	77
Tabla 25: Anova.....	78
Tabla 26: Tukey	78
Tabla 27: Tasa de productividad.....	80
Tabla 28: Anova.....	81
Tabla 29: Tukey	82
Tabla 30: Anova.....	82
Tabla 31: Tukey	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Generalidades Hongo <i>Pleurotus Ostearus</i>	25
Figura 2: Carpóforos <i>Pleurotus Ostearus</i>	27
Figura 3: Residuos agrícolas (Bagazo de Caña, Cascara de Plátano, Cascarilla de café)	46
Figura 4: Pasteurización... ..	47
Figura 5: Toma de temperatura... ..	47
Figura 6: Semilla <i>Pleurotus Ostearus</i>	50
Figura 7: Inoculación.....	51
Figura 8: Inoculación	52
Figura 9: Cuarto de Fructificación... ..	53
Figura 10: Inoculación	59
Figura 11: Incubación.....	59
Figura 12: Cosecha.....	59
Figura 13: Tiempo de colonización.....	65
Figura 14: Tiempo de aparición de Primordios.....	71
Figura 15: Cosecha.....	75
Figura 16: Eficiencia Biológica.....	79
Figura 17 Tasa de Producción... ..	83
Figura 18.11-02-2019 (2 días de incubación)... ..	98
Figura 19 15-02-2019 (6 días de incubación)... ..	98
Figura 20.21-02-2019 (11 días de incubación)... ..	98
Figura 21. 25-02-2019 (16 días de incubación)... ..	98
Figura 22. 29-03-2019(20díasdeincubación)... ..	99
Figura 23. 03-03-2019 (25 días de incubación)	99

Figura 24. 07-03-2019 (29 días incubación)...	99
Figura 25. 11-03-2019(33 días de incubación)...	99
Figura 26. 5-02-2019 (6 días de incubación)...	100
Figura 27.20-03-2019(11días de incubación)...	100
Figura 28. 25-02-2019 (16 días de incubación)...	100
Figura 29. 01-03-2019 (20 días de incubación)...	100
Figura 30 .06-03-2019 (25 días de incubación)...	101
Figura 31.10-03-2019 (30 días de incubación)...	101
Figura 32.14-03-2019 (34 días de incubación)...	101
Figura 33. 18 -03 2019 (38 días de incubación)...	101
Figura 34. 11-02-2019 (2 días de incubación)...	102
Figura 35. 15-02-2019 (6 días de incubación)...	102
Figura 36. 20-02-2019 (11 días de incubación)...	102
Figura 37.25-02-2019 (16 días de incubación)...	102
Figura 38. 06-03-2019 (25 días de incubación)...	103
Figura 39. 10-03-2019 (29 días de incubación)...	103
Figura 40. 14 -03-2019. (33 días de incubación)...	103
Figura 41. 11-02-2019(2 días de incubación)...	104
Figura 42. 15-02-2019 (6 días de incubación)...	104
Figura 43. 20-02-2019(11 días incubación)...	104
Figura 44. 25-02-2019 (16 días de incubación)...	104
Figura 45.01-03-2019 (20 días de incubación)...	105
Figura 46. 06-03-2019 (25 días de incubación)...	105
Figura 47.11-02-2019 (2 días de incubación)...	105
Figura 48. 20- 02- 2019(9 días de incubación)...	105

Figura 49. 25-02-2019. (15 días de incubación)...	106
Figura 50. 01-03-2019 (20 días de incubación)...	106
Figura 51. 22-02-2019 (7 días de incubación)...	107
Figura 52. 26- 02-2019 (11 días de incubación)...	107
Figura 53. 03-03-2019 (16 días de incubación)...	107
Figura 54. 08-03-2019 (21 días de incubación)...	107
Figura 55. 14-03-2019 (27 días de incubación)...	108
Figura 56. 22-02-2019 (7 días de incubación)...	108
Figura 57. 03-03-2019- (16 días de incubación)...	108
Figura 58. 07-03-2019 (20 días de incubación)...	109
Figura 59 .17-03-2019 (27 días de incubación)...	109
Figura 60. 22-02-2019 (7 días incubación)	109
Figura 61. 26-02-2019. (11 días de incubación)...	109
Figura 62. 03-03-2019(16 días de incubación)...	110
Figura 63. 8-03-2019 (21 días de incubación)...	110
Figura 64. 14-03-2019. (27 días de incubación)...	110
Figura 65. 22-02-2019 (7 días de incubación)...	111
Figura 66. 03-03-2019 (16 días de incubación)...	111
Figura 67. 03-03-2019 (21 días de incubación)...	111
Figura 68.09-03-2019 (27 días de incubación)...	111

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Proceso de Siembra Pleorotus Osteatrus	30
--	----

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Diseño experimental	93
Anexo 2: Registro Fotográfico siembra 1	99
Anexo 3: Registro Fotográfico siembra 2	108

RESUMEN.

Se realizó la evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, para determinar el mejor residuo o residuos sobre el cual este hongo genera un crecimiento y una producción de alta calidad. Los sustratos evaluados fueron residuos agroindustriales del Municipio de Supía, departamento de Caldas, (Bagazo de caña, cascarilla de café y cascara de plátano), los sustratos a evaluar fueron empacados en bolsas de 1 Kg. de sustrato, con el residuo agroindustrial, esterilizadas e inoculadas y con 30 g de semillas de *Pleurotus ostreatus*, adquiridas en la planta de laboratorios de Bioprocesos de la Universidad de Caldas, luego, se llevaron al área de incubación para después pasar al área de fructificación bajo condiciones estipuladas en cada una de ellas se evaluó el tiempo de corrida del micelio, el peso fresco, la eficiencia biológica y el rendimiento de cada uno de los sustratos trabajados. El mejor sustrato para el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* fue el bagazo de caña, ya que alcanzó una eficiencia biológica de 87.71 % en la primera siembra o replica y un 74.5% en la segunda siembra o replica, en un periodo total de producción aproximadamente de 60 días, considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo.

Palabras claves: *Pleurotus*, sustratos, Supía, desechos agrícolas, cultivo

ABSTRACT.

The evaluation of the *Pleurotus ostreatus* culture was carried out to determine the best residues or residues on which this fungus generates high quality growth and production. The evaluated substrates were agroindustrial residues of the Municipality of Supia, department of Caldas, (sugarcane bagasse, coffee husk and banana peel), The substrates to be evaluated were packed in bags of 1 kg of substrate, with the agroindustrial residue, sterilized and inoculated with 30 g of seeds of *Pleurotus ostreatus*, acquired in the plant of laboratories of Bioprocesses of the University of Caldas,. Then, they were taken to the incubation area and then to the fructification area under stipulated conditions in each of them. The run time of the mycelium, the fresh weight, the biological efficiency and the yield of each one of the worked substrates were evaluated. The best substrate for the growth and production of *Pleurotus ostreatus* was sugarcane bagasse, since it reached a biological efficiency of 87.71% in the first sowing or replication and 74.5% in the second sowing or replication, in a period Total production of approximately 60 days, with excellent organoleptic characteristics, thus considering a suitable and efficient substrate for the cultivation of this fungus.

Keywords: *Pleurotus*, substrates, Supia, agricultural waste, crop

1 Introducción

En las actividades agrícolas se generan muchos desechos de origen vegetal los cuales tienen cerca de un 70 % de celulosa y lignina, estos desechos agroindustriales con un alto contenido lignocelulósico presentan dificultad para degradarse, sin embargo, existen en la naturaleza gran cantidad de microorganismos que utilizan estos compuestos como fuente de nutrición y algunos de ellos son usados como alternativa de alimentación. La humanidad se ha servido de los microorganismos por muchos años para su alimentación y aunque muchas personas no lo perciban o lo desconozcan, alguna vez en su vida han consumido alimentos donde los precursores son levaduras, bacterias y hongos, algunos alimentos son: Vino, sake, yogur, alcohol, queso, pan, cerveza, champiñones, orellanas, muchos de estos desarrollados en las industrias productoras de alimentos. Igualmente del desarrollo de actividades agrícolas se generan residuos que al no darles una disposición final adecuada contaminan el ambiente, pero a su vez estos pueden convertirse en materias primas, para el cultivo de hongos superiores como alternativa para la alimentación no tradicional, con altos valores nutricionales, con técnicas sencillas y económicas.

A nivel alimenticio los hongos comestibles, poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, contando con leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales); así mismo, poseen alta cantidad de minerales (superando a la carne de muchos pescados), bajo contenido de calorías y carbohidratos, también se caracterizan por tener conocidas y reportadas propiedades medicinales como producir retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladoras (Romero y colaboradores, 2000). En la actualidad los hongos son apetecidos ampliamente por su excelente sabor en

platos de comida gourmet, por ende la producción de hongos actualmente moviliza cientos de millones de dólares y miles de puestos de trabajo en toda América, particularmente en América Latina, ya que esta región tiene un gran potencial para el cultivo de las especies comestibles por la variedad de climas que posee y la gran diversidad de residuos orgánicos que se genera en los diferentes cultivos agrícolas (Torres, 2003).

Uno de los hongos comestibles que más se ha estudiado y cultivado durante los últimos años es *Pleurotus Ostreatus*, debido a la facilidad de cultivo y a su gran potencial económico y calidad nutricional. Este hongo se desarrolla en la naturaleza preferiblemente sobre residuos de material leñoso o rico en fibra como troncos, ramas y bagazos; para su cultivo se pueden utilizar otro tipo de materiales que contengan una composición similar a los residuos que utiliza para crecer en su ambiente natural, dentro de estos materiales se encuentran los residuos agroindustriales, los cuales en la mayoría de los casos no son reutilizados sino simplemente quemados o arrojados a los basureros, quebradas y ríos sin ningún tratamiento previo lo que contribuye al daño de los ecosistemas (Oei, 2003).

El estudio realizado se basa en la producción del hongo *Pleurotus Ostreatus* a partir de residuos agroindustriales del municipio de Supía Caldas, toda vez que en los últimos años se ha convertido en una alternativa importante para el aprovechamiento de residuos, debido a que una vez se cumple el ciclo productivo de la Orellana, el sustrato que fue usado como medio de cultivo es decir el residuo, puede usarse después de la cosecha como suplemento alimenticio para el ganado, ya que el hongo *Pleurotus Ostreatus* acelera la degradación de la lignina aumentando la digestibilidad y aportando a la vez proteína micelial o llevarse a compostaje para convertirlo en abono orgánico para incorporarlo al ciclo productivo de los cultivos agrícolas, razones por las cuales el trabajo presentado se concentra en el

aprovechamiento de residuos del sector agroindustrial para la obtención de Hongo *Pleorotus*
osteatus.

2 Planteamiento del problema

Los residuos generados a partir de las cosechas constituyen un grave problema ambiental, muchos de estos son abandonados sin ningún tipo de manejo ambiental, generando con ello focos de contaminación para las fuentes hídricas principalmente y desaprovechando su potencial nutricional para ser incorporados en los ciclos productivos. Residuos lignocelulósicos como el bagazo de caña de azúcar, cascarilla de café y Cáscara de plátano, generan impactos negativos ambientales debido a la quema de este material y emitiendo a la atmósfera polvo o sustancias orgánicas que contribuyen al smog, así como dióxido de azufre (SO_2) que al sumarse con agua genera sulfato (SO_4) el cual al precipitarse con el agua forma lluvia ácida (Ronderos y Col, 2010).

En Colombia uno de los cuatro sectores importantes en la economía del país es el agropecuario, el cual tiene una alta participación con productos como el algodón, el café, la caña de azúcar, el maíz, el arroz, el plátano, las oleaginosas, entre otros (Banco de la República, 2015). Como alternativa a una producción más limpia, los hongos de pudrición blanca tienen la capacidad metabólica de producir enzimas ligninolíticas que actúan sobre la lignina, un polímero irregular e insoluble componente de la lignocelulosa que se presenta como la primera barrera de la degradación y se interpone a la utilización de la celulosa y hemicelulosa ricas en azúcares (Feng et al, 2011). El cultivo de setas es una alternativa de aprovechamiento de biomasa para la producción de alimentos nutritivos, saludables, de bajo costo mediante tecnologías no contaminantes.

La seta *Pleurotus Ostreatus*, es un hongo que se desarrolla en la naturaleza preferiblemente sobre residuos de material leñoso o ricos en fibra como troncos, ramas y

bagazos; para su cultivo se pueden utilizar materiales que contengan una composición similar a los que utiliza para crecer en su ambiente natural; dentro de estos materiales se encuentran los residuos agrícolas, los cuales en la mayoría de los casos no son reutilizados sino simplemente quemados o arrojados a los basureros, quebradas y ríos, sin tratamiento previo.

De acuerdo a lo anterior, el presente proyecto se encuentra enfocado en el aprovechamiento de residuos como bagazo de caña, cascara de plátano y cascarilla de café, generados del desarrollo de actividades agroindustriales en el municipio de Supía Caldas, buscando una alternativa para el uso de residuos agrícolas de la región en el cultivo de un producto alimenticio con un alto valor nutricional, por lo cual se formula la presente pregunta de investigación: ¿Cuál es el residuo agroindustrial que presenta mayor eficiencia en términos de velocidad de crecimiento y productividad para el cultivo del hongo *Pleurotus* *Osteatrus*?

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar el crecimiento y productividad del hongo *Pleurotus Ostreatus* cultivado en tres sustratos generados a partir de residuos agroindustriales (Bagazo de caña, cascara de plátano y cascarilla de café), provenientes de los cultivos en las fincas de la región de Supía Caldas.

3.2 Objetivos Específicos

Evaluar velocidad de crecimiento del hongo *Pleurotus Ostreatus*, cultivado en los tres sustratos, en términos de aparición de primordios y determinar con estudio experimental comparativo, el residuo agroindustrial con mejor rendimiento en el cultivo del hongo

Evaluar la productividad y rendimiento en el momento de la cosecha del hongo *Pleurotus Ostratus*.

4 Marco teórico

4.1 Generalidades sobre hongos

Los hongos son organismos eucariotas, producen esporas, son aeróbicos, no poseen clorofila, son heterótrofos, su nutrición se da por absorción a partir de la descomposición que causan y pueden reproducirse sexual y/o asexualmente. Constituyen uno de los grupos de organismos más importantes para la vida del hombre, ya que son los responsables de la mayor parte de descomposición de la materia orgánica aumentando su disponibilidad en el suelo; pueden ser comestibles, venenosos o psicotrópicos, algunos son patógenos y otros producen sustancias benéficas o intervienen en procesos de elaboración de algunos comestibles.

Con respecto al valor nutritivo, los hongos poseen entre 19 y 35% de proteína en base seca, con aminoácidos esenciales como: lisina, triptófano y leucina; tiene poco contenido de grasa, vitaminas y minerales, y entre 4 al 20% de fibra. Su contenido de carbohidratos oscila entre el 51 y 88% peso fresco; este contenido es el que hace de los hongos una materia prima bastante llamativa para la obtención de suplementos alimenticios, medicamentos y otro tipo de productos útiles para el hombre. (Pacioni G.)

En el mundo, el cultivo de hongos comestibles está en constante crecimiento, siendo el Champiñón (*Agaricus bisporus*) el de mayor producción a nivel mundial con el 31.8 % de participación, seguido por el Shiitake (*Lentinula edodes*) con el 25.4 % y el hongo Ostra u Orellana (*Pleurotus spp.*) con el 14.2 % (Montañez y Sánchez, 2012). El crecimiento porcentual de la producción mundial de los hongos comestibles ha sido en promedio mayor al 200% en las últimas tres décadas (Chang, 1999), siendo el de mayor crecimiento el de *Pleurotus spp*; este mayor crecimiento se debe al valor nutricional del hongo, características

organolépticas y fácil disponibilidad de materiales utilizados para el sustrato. Colombia presenta en el cultivo de Orellana un pleno desarrollo, siendo cultivado en su gran mayoría en forma artesanal a escala muy pequeña y con muy poco desarrollo tecnológico, por las pocas campañas que existen para su expansión (Montañez y Sánchez, 2012); tanto a nivel nacional como internacional, no existe una única fórmula para el uso del sustrato para la producción por lo que se limita a experimentar con varios materiales y está muy relacionado con la biomasa existente en la región lo que facilita bajar los costos de producción. La Orellana también obedece al gusto y exigencia del cliente pues de acuerdo al medio de sustrato utilizado para su producción se tienen los sabores porque adopta ese sabor (Ruiz, 2014). La Orellana es un producto totalmente orgánico porque toma los nutrientes del sustrato que se le suministre y tiene la condición de biorremediador, dado que la mayoría de los sustratos que se utilizan han sido desarrollados bajo el sistema tradicional de agrotóxicos, pero que con ello el hongo tiene la capacidad inactivar y degradar estos agrotóxicos, permitiendo ofrecer una Orellana totalmente sana para el consumidor (Ruiz, 2014). La exigencia de la Orellana para desarrollarse está en proporcionarle un sustrato que contenga máximo un 20 % de nitrógeno, 80 % de carbono y 1% de calcio, por lo que se debe hacer un buen balance a fin de darle la comida que más le favorece, para ello ya existen estudios de muchos de los productos vegetales a los cuales se les ha realizado el análisis bromatológico y resulta más sencillo para el productor remitirse a los resultados y a partir de ello realizar el cálculo (Ruiz, 2014). Los hongos del género *Pleurotus*, se conocen también con el nombre de setas, estos se desarrollan principalmente sobre residuos vegetales fibrosos o 22 leñosos con alto contenido de celulosa y lignina como lo son troncos, bagazos y tamos, virutas y desechos de leguminosas y demás residuos agrícolas, que aún no se han experimentado. Las setas como los hongos del género *Pleurotus* utilizan selectivamente sustratos ricos en lignina porque promueven su crecimiento, ya que este compuesto químico actúa como barrera para

la degradación biológica de los residuos lignocelulósicos que se acumulan en grandes cantidades (Garzón y Cuervo, 20013)

Tabla 1: propiedades alimenticias de las setas como hongos comestibles

MINERALES	HONGOS FRESCOS	HONGOS DESHIDRATADOS	PROPIEDADES
SODIO	30	26.31	Participa en el equilibrio de fluidos en el organismo
COBRE	1.19	0.53	Participa en la formación de glóbulos rojos y en el crecimiento
MAGNESIO	86.42	151.25	Forma parte de los dientes y hueso interviene en la transmisión de impulsos nerviosos y en la contracción muscular
HIERRO	1.86	1.16	Forma parte de los glóbulos rojos - hemoglobina. Aumenta las defensas del organismo
CALCIO	1.79	14.87	Forma parte de los huesos y dientes. Interviene en la contracción muscular y en la coagulación sanguínea.

			Previene la presión arterial alta.
POTASIO	2180.4	2397.25	Interviene en la contracción muscular, en la transmisión de impulsos nerviosos y en el equilibrio hídrico del cuerpo. Previene la presión arterial alta
ZINC	5.47	4.41	Forma parte de algunas enzimas y del metabolismo de las proteínas. Aumenta las defensas

Fuente: Centro de información de Asohofructol. 2005

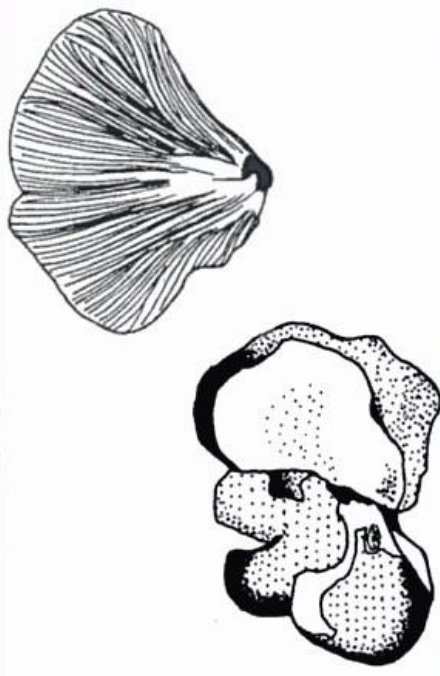
Nombre científico: <i>Pleurotus ostreatus</i>	
<p>Clase: Basidiomiceto.</p> <p>Sinónimo: <i>Agaricus ostreatus</i>.</p> <p>Nombre vulgar: gelone, orecchione, gírgola.</p> <p>Forma: excéntrico, de forma de ostra, con la superficie lisa.</p> <p>Tamaño: 5 - 15 cm.</p> <p>Color: gris amarronado.</p> <p>Hábitat: bosques de latifoliadas en los meses de otoño e invierno.</p> <p>Comestible: muy aromático y de agradable sabor. La variedad más cultivada es <i>Psalliota hortensis</i> var. <i>bispora</i>.</p>	

Figura 1: Generalidades Hongo Pleurotus Osteatrus

El hongo *Pleurotus* conocido también como gírgolas, se trata de una seta en ambiente natural, crece sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas. Esta especie es fácil de cultivar, sin complicadas operaciones de laboreo, con sabores característicos. El cultivo de hongos presenta ventajas medicinales tales como la inhibición del crecimiento de células cancerígenas, disminución de los niveles de colesterol y de la formación de cálculos vesiculares, entre otras; la producción de hongo es la forma más eficiente de conversión de desechos vegetales en alimento.

El alimento obtenido es considerado una comida agradable debido a su textura y sabor. El residuo producido puede ser utilizado de numerosas formas tales como producción de

biogás, mejoradores de suelo, lombricultura, etc, representando un papel vital en la ecología del ciclo del Carbono en la Naturaleza. (Romero Jiménez A. M 2006)

4.2.1 Generalidades

Pleurotus ostreatus, es un hongo saprofítico o parásito débil, descomponedor del grupo de la podredumbre blanca que crece de forma natural en árboles como aliso, balso y arce, principalmente en los valles de los ríos. La palabra *Pleurotus* viene del griego “Pleuro”, que significa formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estípite respecto al píleo. La palabra *Ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Stamets, 2000). Los hongos del género *Pleurotus* son los más fáciles y menos costosos de cultivar y claramente son la elección para entrar en la industria de los hongos de especialidad (Figura 3). Pocas especies muestran tanta adaptabilidad, agresividad y productividad, como los de este género (Curvetto, 1999).

Pleurotus Ostreatus es una seta bastante variable. Su sombrerillo o parte superior tienen un tamaño que depende de la edad y de las condiciones más o menos favorables en que ha crecido el hongo, oscilando entre los 5 y 20 cm de diámetro, aunque pueden encontrarse ejemplares más grandes; la forma también depende de la edad, pues al principio es redondeada y abombada, pero luego a medida que se va abriendo y ensanchando el sombrero, se hace cada vez menos convexa y se aplana, después el borde se va levantando y el conjunto acaba teniendo concavidad como un plato (García, 2003). La superficie es lisa y generalmente uniforme, en cuanto al color puede variar desde el gris claro al gris oscuro de tono violáceo o azulado y desde color café con leche o pardo. Las variedades que crecen en los meses templados son más parduscas y claras, algunas variedades pueden presentar

tonos verdosos o azul verdosos muy llamativos (García, 2003). En general con el paso del tiempo o después de lluvias muy intensas el color va palideciendo en todas las variedades y acaba tomando tonos amarillentos sucios (García 2003). Las laminillas dispuestas radialmente que van desde el pie o tallo que sostiene el hongo hasta el borde del sombrero, y que están separadas unas de otras son de color blanco o ligeramente crema; en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Las esporas vistas al microscopio son alargadas, casi cilíndricas y miden de 7 a 11.5 x 3 a 5.6 micras; cuando se depositan en masa forman un polvillo harinoso de color blanco con tono lila-grisáceo (García 2003). El pie de la seta suele ser corto, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base, su inserción suele ser algo lateral y su dirección oblicua. Tanto su forma como su longitud dependen mucho de la situación del hongo, si crecen varios hongos juntos, formando repisas laterales superpuestas, los pies están unidos unos a otros, son cortos y están cerca de un lado del borde de los sombreros que suelen tener forma de abanico o riñón. Pero si crecen aislados, sobre una superficie horizontal con pH alto, o si hay demasiada humedad, el pie puede ser largo, central y el sombrero circular (García 2003). La carne del sombrero es blanca, el olor algo fuerte, tierna al principio y después correosa; la del pie es mucho más consistente y blanca (García, 2003).



Figura 2: Carpóforos Pleurotos Ostreatus

4.2.2 Características Morfológicas

El sombrerillo de esta seta (cuerpo fructífero), es redondeado con la superficie lisa abombada y convexa, recordando la forma de las conchas de las ostras, por esta razón es que comúnmente se le llama "Hongo ostra" (Oyster Mushroom). Su tamaño depende de la edad, y oscila entre 5 y 15p cm de diámetro, aunque pueden encontrarse ejemplares mucho más grandes. El color es muy variable, crema, blanco grisáceo, pardo, etc. La carne blanca es de olor fuerte, tierno al principio y después correoso. Respecto al aporte nutricional del mismo, también tiene apreciables valores alimenticios:

- Proteína bruta entre 26 % y 34 %
- Proteína verdadera \approx 18 %
- Carbohidratos – 48.9 %
- Grasa – 2,2 %
- Valor energético – 350 cal/Kg
- Riboflavina – 4.7 mg/100gr
- Niacina – 108.7ñ
- Tiamina – 4.8

El bajo contenido de grasa y sodio, unido al relativamente alto contenido de potasio, hacen que este hongo además de su buen sabor y valor nutritivo, tenga también importancia para padecimientos cardiovasculares y estados de hipertensión, así como para combatir la obesidad. En él están presente virtualmente todos los aminoácidos esenciales, constituyendo una rica fuente de vitaminas, se han reportado contenidos de ácido ascórbico (vitamina C), en diferentes etapas de su desarrollo, es rico en ergosterol y vitamina D, así como en

minerales como: Fósforo, sodio, magnesio, calcio, hierro, manganeso, zinc y cobre. También se ha podido observar que muchos animales se alimentan de este hongo en épocas de apareamiento o enfermedad, por lo que se piensa que puede servir como estimulante sexual, como sedante o que cuando estén enfermos ejerza su efecto positivo sobre ellos. (Aguilar Gaitan M. E. 2003)

4.2.3 Características del cultivo

El cultivo del *Pleurotus*, es simple y requiere de poca inversión inicial. El sistema más común de siembra es en bolsas. Como sustrato se puede usar casi cualquier elemento que contenga celulosa: Pajas, aserrines, hojas, marlos molidos, subproductos de los cultivos de café, algodón, arroz, etc. Se obtienen de 8 a 10 Kg por metro cuadrado de superficie de cultivo en tres cosechas; puede cultivarse fácilmente sobre troncos de chopo, al aire libre, o sobre balas de paja mezcladas con aserrín, en invernaderos; pero es preciso advertir que, si no se mantiene la temperatura, la humedad y la luminosidad adecuadas, es difícil obtener setas de forma continuada. Lo fundamental consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato leñoso-celulósico húmedo (casi siempre pasteurizado), incubarlo a 20-25° C, mientras se tiene envuelto en plástico y por último, mantenerlo descubierto en sitios muy húmedos y frescos, generalmente a menos de 15° C hasta que salgan las setas. Este hongo no requiere sustratos comportados, a diferencia de los champiñones. El cultivo se puede realizar en troncos o en sustratos artificiales; el cultivo en troncos tiene la ventaja de ser de un bajo costo de implementación, pero con producción principalmente estacional, generalmente en otoño y en primavera que es cuando se dan las condiciones naturales de temperatura y humedad para que el hongo fructifique. El cultivo en sustratos artificiales (paja de trigo o

bien aserrín o viruta de maderas blandas no resinosas) permite una producción continua pero con un mayor costo de inversión inicial. (Aguilar Gaitán M. E. 2003)

43 Etapas del cultivo

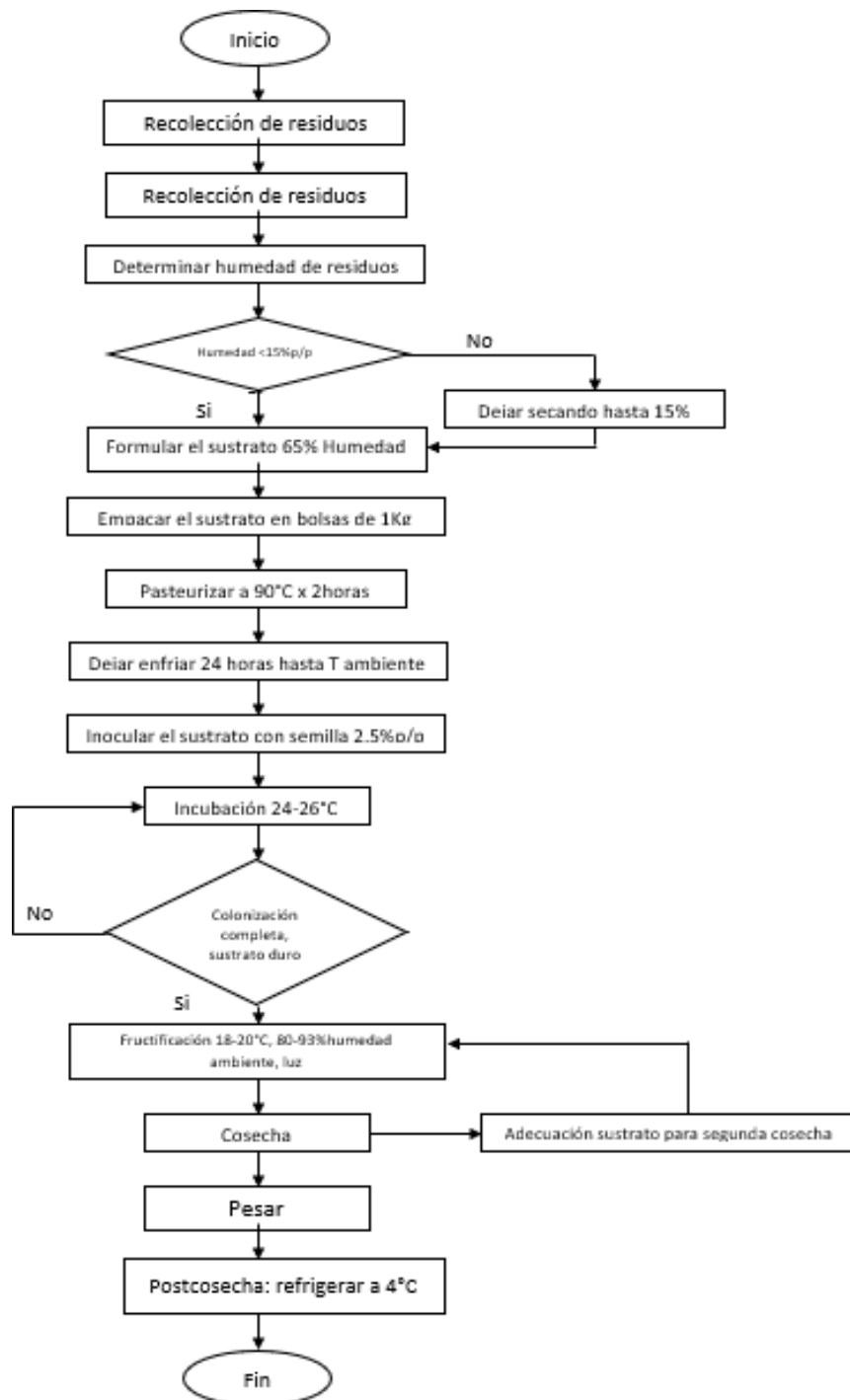


Diagrama 1: Proceso de Siembra *Pleurotus Ostreatus*.

4.3.1 Condiciones de Incubación

La incubación tarda de 22 a 30 días y es necesario que la temperatura en el sitio de incubación permanezca de 23 a 24 °C (Granados, 2004). El área de incubación debe ser un lugar oscuro, fresco y cerrado para mantener una humedad relativa de 70 a 80% (Archila, 2004).

4.3.2 Condiciones de fructificación

En esta fase, se aumenta la humedad relativa de un 80 a 93% para inducir la formación de los cuerpos fructíferos. Esta etapa se puede realizar en el mismo cuarto de incubación, si todas las bolsas están cubiertas por el micelio, de lo contrario debe destinarse un cuarto para esta etapa. Así mismo, se debe manejar una temperatura de 16-18°C (Archila, 2004).

4.3.3 Sustratos utilizados para el cultivo de *Pleurotus Ostreatus*

Se han utilizado una gran cantidad de sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Los materiales más comúnmente utilizados como fuente de carbono incluyen paja de trigo, de avena, de centeno, de sorgo y de algodón, virutas de madera y cortezas, subproductos del algodón, heno, tallos de plantas de maíz, plantas y desperdicios de café, tusa de mazorca, hojas de té, cáscaras de maní, harina de soya, cáscaras de semillas de girasol, desperdicios de alcaucil, desperdicios de yuca, ágave, residuos de la industria papelera (diarios, cartones), hojas de plátano, cactus, yuca, pulpa de cardamomo, fibra de coco, hojas de

limón, tallos de menta, paja de arroz, bagazo de caña, entre otros. (Stamets, 2003; Oie, 2000; Miles y Chang, 1997).

También se pueden realizar cultivos sobre bloques o troncos sintéticos. Las ventajas principales de utilizar estos sustratos en lugar de la producción en troncos naturales, es que los tiempos se acortan y la eficiencia aumenta. Las eficiencias biológicas varían de 75 a 125 % en troncos sintéticos (Miles y Chang, 1997).

4.4 Composición química de los residuos agroindustriales

Los materiales utilizados para el cultivo de *Pleurotus Ostreatus*, están constituidos de compuestos lignocelulolíticos, los cuales están formados por celulosa y hemicelulosa enlazadas mediante lignina, un polímero aromático altamente oxigenado, con un esqueleto de fenilpropano que se repite. Sobre esta matriz se deposita una mezcla de compuestos de bajo peso molecular llamados extractivos.

4.4.1 Celulosa

Es el compuesto más simple encontrado en el material lignocelulolítico de la planta, es el polímero más abundante en la biosfera. Está compuesto por un polímero de residuos de D-glucosa unidos por enlaces β -1,4, debido a su estructura las cadenas de celulosa están unidas por puentes de hidrógeno intermoleculares formando agregados (microfibrillas). La celulosa es una molécula que da estructura y soporte a la planta y forma un cristal empaquetado que es impermeable al agua, por lo cual es insoluble en agua y resistente a la hidrólisis (Atlas y Bartha, 2002). Los hongos Macromycetes pueden degradar la celulosa por medio de la

producción de enzimas como son endo- β -1,4-gluacanasa, el complejo Cx y endo- β -1,4-glucosidasa (Martin, 1981).

4.4.2 Hemicelulosa

La hemicelulosa está formada por cadenas cortas y son polímeros heterogéneos que contienen tanto hexosas (Azúcares de 6 carbonos como glucosa, manosa y galactosa) como pentosas (Azúcares de 5 carbonos como xilosa y arabinosa). Dependiendo de la especie de la planta estos azúcares se asocian con ácidos urónicos formando estructuras poliméricas diversas que pueden estar relacionadas con la celulosa y la lignina. Los tres polímeros principales son los xilanos, mananos y arabinogalactanos (Atlas y Bartha, 2002; Mailer, 2000). Los hongos Macromycetes tienen la capacidad de degradar la hemicelulosa por medio de la producción de enzimas como son xilanasas, galactanasas, manasas, arabinasas y glucanasas (Martin, 1981).

4.4.3 Lignina

Es un polímero complejo tridimensional, globular, insoluble y de alto peso molecular, formado por unidades de fenilpropano, cuyos enlaces son relativamente fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática. Esta molécula tiene diferentes tipos de uniones entre los anillos de fenilpropano (Atlas y Bartha, 2002; Mailer, 2000).

La lignina es la responsable de la rigidez de las plantas y de sus mecanismos de resistencia al estrés y a ataques microbianos. En las plantas la lignina se encuentra químicamente unida a la hemicelulosa y rodeando las fibras compuestas por celulosa (Atlas y Bartha, 2002;

Mailer, 2000). Los hongos Macromycetes pueden degradar la lignina por medio de la producción de enzimas como son lactasa, lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa (Martin, 1981).

4.5 Bagazo de caña

4.5.1 Composición

La Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*), es de la familia de las Poaceae es tropical, compuesta por un tallo fuerte que mide entre 2 a 5 metros de altura y tiene 5 ó 6 cm de diámetro. Dentro del tallo, se conserva y acumula un jugo dulce y rico en un 14% de sacarosa, el cual varía a lo largo de su recolección.

Las hojas de la caña de azúcar son anchas y llegan a alcanzar los 4 metros de longitud. En su parte superior, se encuentra la panocha o panícula, que mide unos 30cm de largo; la misma medida que alcanza la profundidad de su sistema radicular (Solorza, 2013).

El bagazo de caña es un conjunto de fibras que resultan después de haber realizado la molienda de la caña, en donde se obtiene el jugo y del cual se extrae la sacarosa, que constituye aproximadamente el 40 a 50% de la caña fresca (Cuadro 5). Los porcentajes en los cuales se divide los contenidos del bagazo de caña de azúcar son agua (49%) fibra (48%) y sólidos solubles (2,3%).

La fibra consiste principalmente en celulosa (48%) y la lignina (14.3%); además su pH es de 6.1 y su nitrógeno total está en 1.23%. Los sólidos solubles se refieren a los azúcares

celulósicos, estos aportan principalmente la energía que le provee al hongo *Pleurotus ostreatus* para su buen desarrollo (Taurachand, 2005)

4.6 Cascara de plátano

4.6.1 Composición

El plátano, es una fruta tropical procedente de la planta herbácea que recibe el mismo nombre o banano, perteneciente a la familia de las musáceas. Tiene forma alargada o ligeramente curvada, de 100-200 g de peso. La piel es gruesa, de color amarillo y fácil de pelar y la pulpa es blanca o amarillenta y carnosa. (EFSA, 2010).

El principal subproducto del proceso industrial del plátano es la cáscara, la cual representa aproximadamente el 30% del peso del fruto; las aplicaciones potenciales para la cáscara de plátano dependen de su composición química. La cáscara de plátano es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio. En diversos procesos químicos se ha logrado obtener de la cáscara de plátano proteínas, metanol, etanol, pectinas y enzimas; en otros usos se ha obtenido carbón vegetal, una fuente de combustible alternativa para cocinar.

La cáscara de plátano contiene varios antioxidantes como la galocatequina y la dopamina. El contenido total de compuestos fenólicos en la cáscara de plátano (*Musa acuminata* Colla AAA) varía de 0.9 a 3 g/100 g en base seca, en concentraciones de 160 mg/100 g en base seca, siendo este compuesto al que se le relaciona la capacidad antioxidante de la cáscara. La cáscara de plátano maduro también contiene otros compuestos, tales como las antocianinas (delfinidina y cianidina y catecolaminas; así mismo, la cáscara de plátano

contiene carotenoides, como el β -caroteno, α -caroteno y diferentes xantofilas, estas han sido cuantificadas en un rango de 300-400 μg de equivalentes de luteína/100 g, del mismo modo se han identificado esteroides y triterpenos, como el β -sitosterol, stigmasterol, campesterol, cicloeucalenol, cicloartenol y cicloartanol 24-metileno.

4.7 Cascarilla de café

4.7.1 Composición

La cascarilla de café se caracteriza químicamente por su alto contenido de fibra cruda y en este sentido, es similar a otros subproductos utilizados como material de relleno en raciones para animales (Bressani y col. 1972). A este respecto se ha informado que el contenido celular de la cascarilla de café es de 12%, mientras que los componentes de las paredes celulares, esto es la fibra neutro detergente y ácido detergente, se encuentra en cantidades de 88 y 67%, respectivamente (Jarquín y col. 1974). La celulosa como es ampliamente conocido, puede utilizarse como fuente de energía para rumiantes sin embargo la utilización de la cascarilla de café está limitada por la lignina, sílice y otros compuestos. El contenido de lignina puede ser tan alto como 18% y las cenizas insolubles alcanzan niveles de hasta 5%

5 Antecedentes

Aunque las primeras expresiones de la presencia de hongos fitopatógenos se conocieron hacia el año 1200 A de C, se puede afirmar que la historia de los hongos superiores se remonta casi a los tiempos primitivos del hombre cuando este se alimentaba de raíces, frutas silvestres, hierbas y los mismos hongos. (Steineck, 1987).

Las culturas mesoamericanas como los mayas y los aztecas fueron pueblos con un indudable y amplio conocimiento sobre el uso de los hongos comestibles al parecer de gran importancia en su dieta alimentaria. Alegorías esculturas alusivas a estos así lo demuestran (Guzmán, 1984 citado por Arenas, 1991). Otras civilizaciones como la griega y la romana consumieron grandes cantidades de setas con fines alimenticios. Como se puede observar en los frescos de Herculano, donde aparecen varios ejemplares de níscolo (*Lactarius deliciosus*) junto a faisanes (De Diego, 1975).

El cultivo artesanal del hongo *Pleurotus ostreatus* se inicia en la década de los sesenta, en Hungría, Checoslovaquia, Italia y otros países, posteriormente se extendió por el resto de Europa. Alrededor del año 1969 se empezó a cultivar en sustratos de diferentes de troncos de madera como aserrín de madera, tuza de maíz picada, residuos agrícolas leñosos y celulósicos, papel entre otros y desde entonces ha evolucionado tanto que ya se produce de forma industrial. (García, 1987). En América se ubican los primeros estudios sobre *Pleurotus Ostreatus* en el instituto nacional de investigaciones en recursos bióticos (INIREB) de México (1954). La llegada de la cepa del hongo comercial y el conocimiento en Colombia se inició por intermedio del profesor universitario Gastón Guzmán en el año de 1987. En el Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Antioquia, se inició el cultivo de *Pleurotus Ostreatus* por el año 1990, pero sólo a finales del siglo XX se

conocieron los primeros cultivos rústicos en Antioquia, Caldas y Cundinamarca (Cabrera et al., 1998).

- **Título 1:** Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus Ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca

Autor: Ricardo Alfredo Hernandez Corredor - Claudia Liliana López Rodríguez

Resumen:

Se llevó a cabo la evaluación del cultivo de *Pleurotus Ostreatus*, para determinar el mejor residuos o residuos sobre el cual este hongo genera un crecimiento y una producción de alta calidad. Los sustratos evaluados fueron residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca (Capacho de uchuva, cáscara de arveja y tusa de mazorca); teniendo como sustrato control el aserrín de roble. Las mezclas a evaluar fueron empacadas en bolsas de 1 Kg. de sustrato, del cual el 78% era el residuo agroindustrial, esterilizadas e inoculadas con 30 g de semillas de *Pleurotus ostreatus*, adquiridas comercialmente. Luego, se llevaron al área de incubación y luego al área de fructificación bajo condiciones estipuladas en cada una de ellas se evaluó el tiempo de corrida del micelio, el diámetro de los carpóforos, el número de hongos producidos por bolsa, el peso fresco, la eficiencia biológica y el rendimiento de cada uno de los sustratos trabajados. El mejor sustrato para el crecimiento y producción de *Pleurotus Ostreatus*, fue el capacho de uchuva, ya que alcanzó una eficiencia biológica de 76.1% en un periodo total de producción de 41 días y una rentabilidad de 39.03 Kg/m² con excelentes características organolépticas, considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo.

Resultados

- El mejor sustrato para el desarrollo y producción de *Pleurotus Ostreatus* en el proyecto desarrollado es el capacho de uchuva, comparándolo con los otros 3 utilizados, cascara de arveja, tusa de mazorca, aserrín de roble; ya que alcanzó un porcentaje de eficiencia biológica de 76.1% en un periodo total de producción de 41 días y una rentabilidad de 39.03 Kg/m² con excelentes características organolépticas, considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de *pleurotus Ostreatus*

- La tusa de mazorca fue el sustrato que produjo el menor porcentaje de eficiencia biológica, obteniendo un valor de 57% y periodo total de producción de 52 días, lo cual hace que no se pueda recomendar como un sustrato rentable y eficiente para el cultivo de este hongo para una producción a gran escala, ya que la aceptabilidad del producto no asegura un buen posicionamiento en el mercado.

- La cáscara de arveja, aunque produjo un porcentaje de eficiencia biológica de 68,6% demoró 23 días para la corrida del micelio y en consecuencia un periodo total de producción de 49 días, lo cual indica que puede ser un sustrato utilizable, sin embargo la aceptación del producto en la prueba sensorial realizada no fue la esperada y los hongos obtenidos a partir de este sustrato fueron considerados una de las de menor aceptabilidad

- El aserrín de roble utilizado como control fue más eficiente que la cáscara de arveja y la tusa de mazorca, con un periodo total de producción de 39 días., corroborándolo como un sustrato eficiente, rentable para la producción del hongo y utilizable como cultivo control.

- Se confirmó que la metodología realizada durante el desarrollo de investigación es la adecuada para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, teniendo en cuenta que se manejen los rangos óptimos de temperatura, humedad y luz durante el desarrollo de cada etapa del proceso.

- **Titulo 2:** Valoración y crecimiento del cultivo de *Pleurotus Ostreatus* en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el Municipio de Málaga Santander.

Autor: Ruth Catalina Acevedo Cárdenas.

Resumen:

Se elaboró un cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus*, sobre cuatro residuos sólidos de diferente procedencia usados como sustratos; estos fueron residuos de café de consumo humano, bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz y hojas de plátano. Se evaluó el efecto de los cuatro sustratos de manera individual sobre la producción del hongo a través de indicadores de eficiencia biológica, el rendimiento, el tiempo de incubación, el tiempo de aparición de primordios, la cantidad de cuerpos fructíferos y la productividad; a los sustratos y cuerpos fructíferos provenientes de las bolsas se les determino un análisis proximal para evaluar su contenido nutricional.

Resultado:

- Los sustratos donde más rápidamente se completó la invasión del micelio, fueron los de borra café junto con el rastrojo de maíz, con finalización de periodo de incubación a la semana 4 o día 28 después de la inoculación. La temperatura del lugar en donde se hizo la

fase de incubación fue un ambiente natural y oscilo entre 7°C a 34°C; con relación al sustrato testigo caña de azúcar aplicado para la producción comercial en el cultivo del hongo en el estudio, fue el sustrato donde la invasión del micelio más tiempo demoró, con un tiempo colonización de 4 semanas.

- Los tratamientos que mayor número de primordios presentaron a través del tiempo fueron la borra de café, junto con el rastrojo de maíz, con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$). El tratamiento que presentó menos número de primordios fue el testigo de caña de azúcar.

- El sustrato donde se recolecto mayor peso en la cosecha de carpóforos fue el sustrato del tallo de maíz el cual presento diferencias significativas ($p < 0,05$) con los demás tratamientos. El tratamiento de café fue el segundo en presentar mayor peso en la cosecha de carpoforos.

- El sustrato de la borra de café presento una eficiencia biológica del 41,28% mientras que el sustrato que presento menor eficiencia biológica fue el sustrato testigo de caña de azúcar, teniendo en cuenta eficiencias óptimas para la producción comercial por encima de 40 por ciento.

- Los tratamientos que presentaron mayor rendimiento en (g) en la cosecha total fueron en el sustrato de tallo de maíz y la borra del café, con una producción entre el 22,25% y 18,9% a diferencia del sustrato caña de azúcar y hoja de plátano.

- La composición nutricional de los carpóforos se encuentra dentro de los parámetros establecidos por otros estudios, el análisis proximal de los sustratos nos permitió evaluar su contenido de nutrientes y permite proponer para futuras investigaciones un diseño de mezclas que permitan aumentar el contenido de nutrientes en los sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus*. Los niveles de humedad, proteína bruta, grasa, fibra cruda y cenizas variaron de acuerdo con el tipo de sustrato evaluado en el análisis proximal.

- El sustrato a base de café aportó los mayores promedios de proteína bruta (7,15) y grasa (7,85)

- **Titulo 3:** Determinación de la Eficiencia Biológica del hongo *Pleurotus Ostreatus* en cinco sustratos para su comercialización.

- **Autor:** Gabriel Sánchez Cruz

Resumen:

Los hongos son organismos que carecen de clorofila, de soma o cuerpo verdadero, generalmente de cuerpo filamentosos, provisto de paredes celulares y núcleos verdaderos y reproducción por medio de esporas; no pueden elaborar sus propios alimentos, por tal razón deben vivir en residuos vegetales o animales en forma saprofita, parasita o simbiótica. A nivel nutricional, los hongos son un producto de alta calidad, por su contenido de aminoácidos esenciales (4 a 5%), mayor que cualquier hortaliza. Poseen propiedades medicinales muy importantes como la reducción de colesterol con una ingesta de 15 días, propiedades anticancerígenas antivirales, actúan como tónico cardíaco y presentan bajo contenido calórico. La producción comercial de hongos en México, se localiza en los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Michoacán, Guanajuato y Jalisco; se extiende desde el centro de Veracruz, terminando hasta Michoacán. El presente trabajo se estableció con un diseño completamente al azar de cinco tratamientos

y cinco repeticiones con un total de 25 unidades experimentales; T1: Tallo de palma, T2: Paja de avena; T3: Tazole de frijol; T4: Paja de trigo (testigo), T5: Paja de sorgo. Las conclusiones que se obtuvieron son las siguientes: Para la longitud de tallo el mejor tratamiento fue tallo de palma (T1), para la variable diámetro de tallo el mejor tratamiento es el tallo de palma (T1) y para el caso de la variable diámetro de sombrero el mejor tratamiento es el tallo de palma (T1). En eficiencia biológica el mejor tratamiento fue la paja de sorgo con un resultado de 129.39%.

Resultado:

- En Eficiencia Biológica el mejor tratamiento fue la paja de sorgo (T5), con un porcentaje de 129.39, seguido por el tallo de palma con 128.68% y mostrando la menor Eficiencia Biológica con 74.73% es el sustrato paja de trigo que corresponde al testigo, logrando los objetivos planteados.

- De los cinco tratamientos analizados, se concluye que se pueden obtener hongos con buenas características en el sustrato paja de sorgo, por haber mostrado mayor Eficiencia Biológica, aceptándose la hipótesis alternante.

- En relación al diámetro de tallo, el mejor tratamiento fue el tallo de palma (T1), con una media en su corte más alto de 1.5cm que corresponde al corte uno, superando al testigo que presentó en su corte tres una media de 1.46cm.

6 Metodología

6.1 Área de estudio.

El estudio se realizó en el municipio de Supía Caldas, en las instalaciones del Centro de Investigación e innovación Tecnológica al sector panelero del Departamento de Caldas-BEKDAU, los análisis de proteína realizados a los frutos obtenidos fueron realizados en el laboratorio de análisis de alimentos de la universidad de Caldas en Manizales

6.2 Fases o etapas.

6.2.1 Recolección de muestras y materias primas del proyecto

Los residuos fueron traídos de las veredas Guamal, San Cayetano y Santa Cruz de la siguiente manera:

- Bagazo de caña: Fue suministrado, por los productores de panela de la Asociación de Paneleros de la molienda comunitaria de la vereda Guamal, Municipio Supía Caldas.
- Cascarilla de Café: Se recolectó de los beneficiaderos, de los propietarios de fincas cafeteras, ubicadas en la vereda Santa Cruz, municipio Supía Caldas.
- Cascara de Plátano: Se recolectó de los propietarios de las fincas plataneras ubicadas en la Vereda San Francisco, municipio Supía Caldas.

Los residuos para la elaboración de los sustratos del sistema de cultivo, bagazo de caña, cascarilla de café y cáscara de plátano, que son residuos lignocelulosicos producidos por la actividad agrícola de la región del Departamento de Caldas, especialmente del Municipio de

Supía, fueron seleccionados y sometidos a un proceso de secado mediante exposición solar hasta que obtuviera una humedad del 10 al 15% aproximadamente (Menya and Komakech, 2013).

6.2.2 Acondicionamiento de los sustratos

Para el acondicionamiento se utilizó el método usado por CENICAFE (2004) para pequeñas producciones, el cual describe dos fases, estas fueron aplicadas a los sustratos utilizados:

- **Fase 1 - Homogenización:** Se elaboró el sustrato con los materiales bien picados y secos, como se observa en la figura 3, para ello se utilizó una picapastos y un calentador a leña dejando una humedad entre el 10 a 15 %, posteriormente se le adiciona agua, de modo que por cada kilo de sustrato seco, se tenga el 150% de agua, (CENICAFE 2004)



Figura 3: Residuos agrícolas (Bagazo de Caña, Cascara de Plátano, Cascarilla de café)

- **Fase 2-Desinfección o Pasteurización:** El sustrato se depositó en bolsas de un 1 kilo de capacidad, se cerraron muy bien con una banda elástica. Las bolsas con los sustratos fueron introducidas en una caneca metálica, a la cual previamente se le adecuo una parrilla a 30 centímetros del fondo de la caneca y se llenó de agua hasta ese nivel, se tapó la caneca y se sometió a fuego directo para calentar el agua y generar vapor, con la ayuda de un termómetro introducido por un orificio en la tapa se midió la temperatura y cuando esta alcanzó los 90°C se empezó a contar el tiempo de desinfección que fueron 2 horas. Luego de terminar la pasteurización se sacaron las bolsas y se pusieron a reposar (hasta bajar a una temperatura aproximada de 24 – 30°C), para proceder a la siembra. Una vez las bolsas están reposadas se ubicaron en una zona limpia y aislada del ambiente exterior y se inicia el proceso de siembra de la semilla. (CENICAFE 2004). (figura 4 y 5)



Figura 4; Pasteurización



Figura 5: Toma de temperatura

6.2.3 Siembra

6.2.3.1 Obtención del inóculo

La semilla de *Pleurotus Ostreatus*, fue adquirida en un laboratorio especializado en el cultivo de hongos macromicetos en este caso, en la Planta de Bioprocesos y Agroindustria de la Universidad de Caldas, la cepa utilizada está identificada como *Pleurotus ostreatus* WC 923.

6.2.3.2 Formulación

Con el fin de evaluar cada residuo de forma independiente y la mezcla de ellos, se realizaron en base seca cuatro formulaciones correspondientes a los cuatro tratamientos como se muestran en la tabla 2, en todas las formulaciones el porcentaje de participación del salvado de maíz y del carbonato de calcio fue de 15% y 2% respectivamente.

Tabla 2: Porcentaje de Formulación

MATERIAL	TRATAMIENTOS (% de participación en base seca)			
	1	2	3	4
BAGAZO DE CAÑA	83%	0	0	27%
CASCARILLA DE CAFÉ	0	83%	0	28%
CÁSCARA DE PLÁTANO	0	0	83%	28%
SALVADO DE MAÍZ (fuente de nitrógeno)	15%	15%	15%	15%
CARBONATO DE CALCIO (regulador de pH)	2%	2%	2%	2%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

Fuente: Centro de información de Asohofrucol. 2005

6.2.3.3 Inoculación, incubación, crecimiento de los cuerpos fructíferos y cosecha

- **Fase de inoculación.**

La semilla se adquirió en el laboratorio especializado en el cultivo de hongos macromicetos, de la Planta de Bioprocesos y Agroindustria de la Universidad de Caldas, identificada como *Pleurotus ostreatus* WC 9, lista para ser inoculada en cada uno de los sustratos (La semilla venía empacada bajo condiciones de esterilidad, cubierta en papel kraft. Se mantuvo bajo las condiciones estipuladas por el laboratorio especializado refrigeración a 4 °C, hasta el momento en que se realizó la inoculación).



Figura 6: Semilla Pleurotus Ostreatus

La siembra fue realizada en un salón cerrado, sin corrientes de aire y sobre un mesón previamente desinfectado con alcohol (96°); adicionalmente durante la siembra se utilizó un mechero para alejar los contaminantes. La siembra se realizó agregando 25 gramos de semilla a cada bolsa de 1 Kg de sustrato, (Fernández 2004), lo que corresponde a un porcentaje de inoculación del 2,5%. (Figura 7)

Para propiciar el intercambio de CO₂ por oxígeno y evitar el ingreso de contaminantes al sustrato, se utilizó un tapón de algodón sostenido por un aro de PVC para que diera ajuste perfecto a cada bolsa al final de la siembra y luego se llevó a incubación.



Figura 7: Inoculación

- **Fase de incubación**

Esta etapa se llevó a cabo en un cuarto cerrado, con un promedio de temperatura de 24°C a 26 °C y un rango de humedad relativa entre 70-80%, sin iluminación (Fernández 2004, Romero y colaboradores 2000; García 2003). Las bolsas se mantuvieron bajo estas condiciones hasta que el micelio del hongo colonizo completamente el sustrato.

Entre anaquel y anaquel se manejó una distancia de 25 cm para una mejor manipulación en este proceso. (Fernández 2004).

Los bloques de sustratos de cada uno de uno de los residuos agroindustriales a ser evaluados se distribuyeron en los anaqueles, en numeración de orden descendente de 1 a 4, cada anaquel con 10 unidades experimentales, cada una bajo las mismas condiciones ambientales de cultivo

Tanto en la etapa de incubación como en la fructificación, la temperatura se mantuvo con la ayuda de un calentador de ambientes y la humedad relativa del cuarto fue medida con un termohigrómetro digital



Figura 8: Inoculación

- **Fase de fructificación**

Cuando el micelio del hongo colonizó completamente el sustrato y lo compacto, se trasladaron las bolsas a un salón con las condiciones requeridas para esta etapa, es decir, exposición a la luz, temperatura promedio de 18°C- 20°C y humedad relativa de 80-93% (Fernández, 2004). Una vez se formaron los primordios de los cuerpos fructíferos, se abrieron las bolsas y se mantuvieron las condiciones antes mencionadas para esta etapa, evaluando diariamente el desarrollo de las fructificaciones hasta el momento de la cosecha.



Figura 9: Cuarto de fructificación

- **Fase de mantenimiento**

En el cuarto de fructificación se realizó riego 6 veces en el día con intervalos de 2 horas, para ello se utilizó agua suministrada a través de una manguera regando el piso y las paredes para obtener la humedad requerida en el ambiente. Simultáneamente se utilizó un ventilador que se prendió durante 2 horas en la mañana, al medio día y en la tarde, para facilitar la aireación del lugar y la salida del CO₂ acumulado en el ambiente. Estas condiciones se garantizaron durante toda la fase fructificación por el tiempo que duró la obtención de las dos cosechas.

Después de la primera cosecha se hizo la inducción a segunda cosecha, se realizó manteniendo la temperatura entre 12°C y 20°C y la humedad en 90% de humedad relativa (Benavides, 2013); adicionalmente a cada sustrato se le realizó una limpieza del micelio en las paredes de la bolsa, se retiraron si existían los cuerpos fructíferos que no se desarrollaron en la primera cosecha; se humedeció la bolsa para aumentar la humedad del sustrato. Para facilitar la acumulación de CO₂ se cerró la bolsa en la parte superior y se hicieron cortes con una cuchilla estéril en forma de cruz para que promover y facilitara de igual forma la nueva producción de hongos. (Benavides, O. (2013).

- **Cosecha**

La recolección se realizó de forma manual, cortando con una cuchilla estéril y el peso de los cárpoforos se determinó inmediatamente después de su corte, por medio de la gramera SSH modelo N° 5005. Este procedimiento se realizó durante las dos cosechas estipuladas (Fernández 2004)

- **Poscosecha**

Los cuerpos fructíferos se acondicionaron retirándoles el sustrato que en ocasiones se puede desprender, se depositaron en bandejas y cubrieron con papel parafinado. Posteriormente se protegieron con bolsas

6.3 Análisis proteína

Se realizado en el laboratorio unidad tecnológica de alimentos Universidad de Caldas Manizales

6.4 Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante un diseño al azar con 4 tratamientos, 10 repeticiones y 2 réplicas en el tiempo, siendo la unidad experimental cada bolsa de sustrato. Se utilizó el programa Stata y de acuerdo a los datos obtenidos se utilizó ANOVA para los datos que estuvieron dentro de un análisis previo de normalidad y KRUSKALL WALLIS para los datos fuera de este rango; determinando diferencias significativas cuando $p < 0,05$ y

realizando prueba de Tukey, para corroborar diferencias entre cada uno de los tratamientos con $p < 0,05$.

Tratamientos:

- 1: Bagazo de caña
- 2: Cascarilla de café
- 3: Cáscara de plátano
- 4: Mezcla de los tres sustratos

Variables de respuesta:

Tiempo de colonización completa, tiempo de aparición de primordios, cosecha, eficiencia biológica y tasa de productividad.

Tiempo de colonización: Días en que el hongo colonizó el sustrato y se compacto

Tiempo de aparición de primordios (precocidad): Días en que aparecieron los primeros primordios en el sustrato

Cosecha: Peso en gramos del hongo fresco por cada bolsa de sustrato

%Eficiencia biológica: $(\text{Peso en gramos por cada bolsa de sustrato}) * 100$

Peso en gramos de sustrato en base seca

(Ríos, Valdez, Jiménez, 2017)

Tasa de producción: Eficiencia biológica

Días transcurridos hasta el último día de cosecha

(Ríos, Valdez, Jiménez, 2017)

7 Resultados y análisis

7.1 Recolección de residuos agroindustriales

En la tabla se evidencia el tipo de sustrato recolectado y la cantidad de cada uno de ellos para el proceso de siembra

Tabla 3: Porcentajes de formulación

SUSTRATO	CANTIDAD RECOLECTADA(Kg)	CARACTERISTICA RECOLECCION
Bagazo de Caña	20	Entero
Cascara de plátano	18	Entera
Cascarilla de café	15	Entera

7.2 Acondicionamiento de sustratos

En la tabla se relacionan las características finales de acondicionamiento de cada sustrato que intervendrá en el proceso

Tabla 4: Características finales de sustratos

SUSTRATO	CANTIDAD (Kg)	CARACTERISTICA FINAL	%HUMEDAD FINAL
Bagazo de Caña	1	Seco y picado	10-15
Cascara de plátano	1	Seco y picado	10-15
Cascarilla de café	1	Seco y picado	10-15

7.3 Siembra, Inoculación, incubación, crecimiento y cosecha

Tabla 5: Tratamiento

MATERIAL	TRATAMIENTOS (masa fresca en kilogramos)				TOTAL
	1	2	3	4	
BAGAZO DE CAÑA	3,33	0	0	1,08	4,41
CASCARILLA DE CAFÉ	0	3,2	0	1,08	4,28
CÁSCARA DE PLÁTANO	0	0	9,07	3,062	12,132
SALVADO DE MAÍZ	0,62	0,62	0,62	0,61	2,47
CARBONATO DE CALCIO	0,07	0,07	0,07	0,07	0,28
TOTAL	4,02	3,89	9,76	5,902	23,572

El porcentaje de inoculación fue del 2,5%, lo que quiere decir que por cada bolsa de 1 Kg se agregaron 25 gramos de semilla. Cada tratamiento tiene 10 unidades de 1 Kg, es decir 40 bolsas en total (4 tratamientos) por lo tanto serían 25gramos x 40 bolsas.



Figura 10: Inoculación



Figura 11: Incubación



Figura 12: Cosecha

7.3.1 Colonización Crecimiento y Cosecha

Tabla 6: Características finales de sustratos

SUSTRATO	PRIMORDIOS COSECHA 1 (Días)	PRIMORDIOS COSECHA 2 (Días)	COSECHA 1 (Kg)	COSECHA 2 (Kg)	TOTAL
Bagazo de Caña	52.9	56.3	2176	2207	4383
Cascara de plátano	31.6	31.8	1439	1028	2467
Cascarilla de café	30.6	30.6	1756	1647	3403
Mezcla de Sustrato	30.7	30.6	1880	1485	3365

7.4 Análisis de proteína

Tabla 7: Proteína total

SUSTRATO	% PROTEINA TOTAL
Bagazo de Caña	2,31
Cascara de plátano	4,88
Cascarilla de café	2,61
Mezcla de sustratos	4,18

De acuerdo a lo observado en la tabla 7, la cosecha que presento mayor cantidad de proteína total es la obtenida del sustrato cascara de plátano, indicando que hay una influencia en la calidad de sustrato en la cual se realiza la siembra

7.5 Diseño experimental

Con respecto al diseño experimental, se encontró que los datos de tiempo de colonización no tenían una distribución normal, por tanto se trabajó con una estadística no paramétrica (Kruskal Wallis) y se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos $p < 0,05$. En la Tabla 8, se puede observar los datos estadísticos donde la probabilidad es igual 0,0001.

La comparación entre tratamientos presentada en la Tabla 9, indica que hay diferencias significativas entre todos los tratamientos ya que la probabilidad en todas las relaciones dio $p < 0,05$.

Kruskal Wallis tiempo de colonización de la réplica 1

Tabla 8: Kruskal Wallis tiempo de colonización

Tratamiento	Observaciones	Suma de rangos
1	10	355
2	10	155
3	10	55
4	10	255
Chi-cuadrado: 36.585 con 3 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
Chi-cuadrado: 37.132 con 3 diferencias – Probabilidad: 0.0001		

Comparación entre tratamientos de la réplica 1.

Tabla 9: Comparación entre tratamientos

Tratamiento	Observaciones	Suma de rangos
1	10	155
2	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 14.972 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
1	10	155
3	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 14.972 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
1	10	155
4	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 15.188 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
2	10	155
3	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 15.176 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
2	10	55
4	10	155
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 15.397 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		

3	10	55
4	10	155
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 15.397 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		

La segunda réplica también presentó diferencias significativas para los tratamientos con una probabilidad de 0.0001, tal como lo muestra la Tabla 10

Teniendo en cuenta que hubo diferencias significativas se procedió a comparar entre cada uno de los tratamientos y se determinó que solo los tratamientos 2 y 4 son estadísticamente iguales con una $p > 0,05$ y los resultados se pueden observar en la Tabla 11.

Kruskal Wallis de la réplica 2

Tabla 10: Kruskal Wallis réplica 2

Tratamiento	Observaciones	Suma de rangos
1	10	355
2	10	220.50
3	10	55
4	10	189.50
Chi-cuadrado: 33.278 con 3 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
Chi-cuadrado: 34.472 con 3 diferencias – Probabilidad: 0.0001		

Comparación entre tratamientos de la segunda réplica.

Tabla 11: Comparación entre tratamientos

Tratamiento	Observaciones	Suma de rangos
1	10	155
2	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 15.200 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
1	10	155
3	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 14.949 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
1	10	155
4	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 14.786 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
2	10	155
3	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 15.435 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
2	10	120.50
4	10	89.50

Chi-cuadrado: 1.373 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.2413		
Chi-cuadrado: 1.790 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.1809		
3	10	55
4	10	155
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 15.008 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		

En el gráfico se puede observar que el tratamiento 1 con bagazo de caña es el que presenta más diferencia con respecto a los demás tratamientos en ambas réplicas. Siendo este tratamiento el que más se demoró en colonizar.

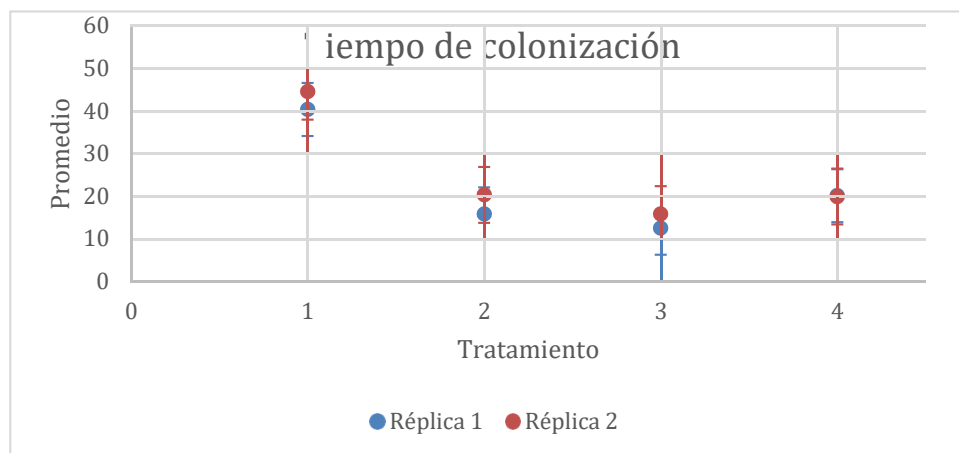


Figura 13: Tiempo de colonización.

7.5.1 Tiempo de aparición de primordios primera y segunda réplica (Precocidad):

La aparición de primordios en ambas replicas fue a los 30,6 días para el tratamiento 2 y 4, seguidamente el tratamiento 3 a base de cáscara de plátano presentó los primordios en

promedio a los 31,7 días y por último el tratamiento 1 correspondiente a bagazo de caña presentó su precocidad a los 52,9 días en promedio para la primera réplica y un tiempo de 56,3 días para la segunda, un retraso muy considerable respecto a los demás tratamientos y contrario a lo hallado por (Fernández, 2014) donde sucedió a los 15 días. Los tiempos de colonización por bolsa de sustrato se pueden ver en la Tabla 12.

Tiempo de aparición de primordios (Precocidad).

Tabla 12: Precocidad

Tiempo de aparición de primordios (días)							
Tratamiento (Réplica 1)				Tratamiento (Réplica 2)			
1	2	3	4	1	2	3	4
52	30	31	30	57	30	32	30
52	33	32	32	56	30	31	30
54	30	33	30	56	31	31	31
54	30	31	31	55	31	32	32
52	30	32	30	57	30	32	31
54	30	31	31	57	30	32	30
55	30	32	30	57	30	32	30
52	31	32	31	55	31	32	31
54	31	31	30	57	31	32	30
50	31	31	32	56	32	32	31

Análisis

En el diseño experimental se encontró que los datos de tiempo de colonización no tenían una distribución normal, por tanto, se trabajó con una estadística no paramétrica (Kruskal Wallis). En los datos presentados en la Tabla 13, se observa que la probabilidad es de 0,0001, lo que indica que en la primera réplica existen diferencias entre los tratamientos.

Seguidamente en la Tabla 14, se presentan la comparación entre tratamientos, donde se identifica que los tratamientos 2 y 4 son estadísticamente iguales con $p > 0,05$.

Kruskal Wallis Precocidad primera réplica.

Tabla 13: Kruskal Wallis Precocidad

Tratamiento	Observaciones	Suma de rangos
1	10	355
2	10	116.50
3	10	216.50
4	10	132
Chi-cuadrado: 26.190 con 3 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
Chi-cuadrado: 27.468 con 3 diferencias – Probabilidad: 0.0001		

Comparación entre tratamientos primera réplica.

Tabla 14: Comparación entre tratamientos

Tratamiento	Observaciones	Suma de rangos
1	10	155
2	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencia – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 14.949 con 1 diferencia – Probabilidad: 0.0001		
1	10	155
3	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencia – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 14.844 con 1 diferencia – Probabilidad: 0.0001		
1	10	155
4	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencia – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 14.786 con 1 diferencia – Probabilidad: 0.0001		
2	10	72
3	10	138
Chi-cuadrado: 6.223 con 1 diferencia – Probabilidad: 0.0126		
Chi-cuadrado: 6.897 con 1 diferencia – Probabilidad: 0.0086		
2	10	99
4	10	110.50

Chi-cuadrado: 0.173 con 1 diferencia – Probabilidad: 0.6776		
Chi-cuadrado: 0.6436 con 1 diferencia - Probabilidad: 0.6434		
3	10	133.50
4	10	76.50
Chi-cuadrado: 4.641 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0312		
Chi-cuadrado: 5.183 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0228		

Los resultados de la segunda réplica muestran que hay diferencias significativas entre los tratamientos con una probabilidad de 0,0001, así se presentan en la Tabla 15 y de acuerdo a estos resultados se realizó la comparación estadística entre los tratamientos que se pueden ver en Tabla 16; allí se confirma el resultado de la primera réplica donde solo los tratamientos 2 y 4 son iguales.

Kruskal Wallis de la segunda réplica

Tabla 15: Kruskal Wallis de la segunda réplica

Tratamiento	Observaciones	Suma de rangos
1	10	355
2	10	115
3	10	235
4	10	115
Chi-cuadrado: 28.976 con 3 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
Chi-cuadrado: 30.462 con 3 diferencias – Probabilidad: 0.0001		

Comparación entre tratamientos de la segunda réplica

Tabla 16: Comparación entre tratamientos

Tratamiento	Observaciones	Suma de rangos
1	10	155
2	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 15.008 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
1	10	155
3	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 14.902 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
1	10	155
4	10	55
Chi-cuadrado: 14.286 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0002		
Chi-cuadrado: 14.844 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0001		
2	10	72
3	10	138
Chi-cuadrado: 6.223 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0126		
Chi-cuadrado: 7.074 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0078		
2	10	102.50
4	10	107.50
Chi-cuadrado: 0.036 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.8501		
Chi-cuadrado: 0.043 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.8358		

3	10	140
4	10	70
Chi-cuadrado: 7.000 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0082		
Chi-cuadrado: 8.276 con 1 diferencias – Probabilidad: 0.0040		

En el gráfico se puede observar un resultado similar al tiempo de colonización, determinando que el tratamiento 1 con bagazo de caña es muy diferente de los demás. Este resultado en la precocidad implica más tiempo de producción para este sustrato.

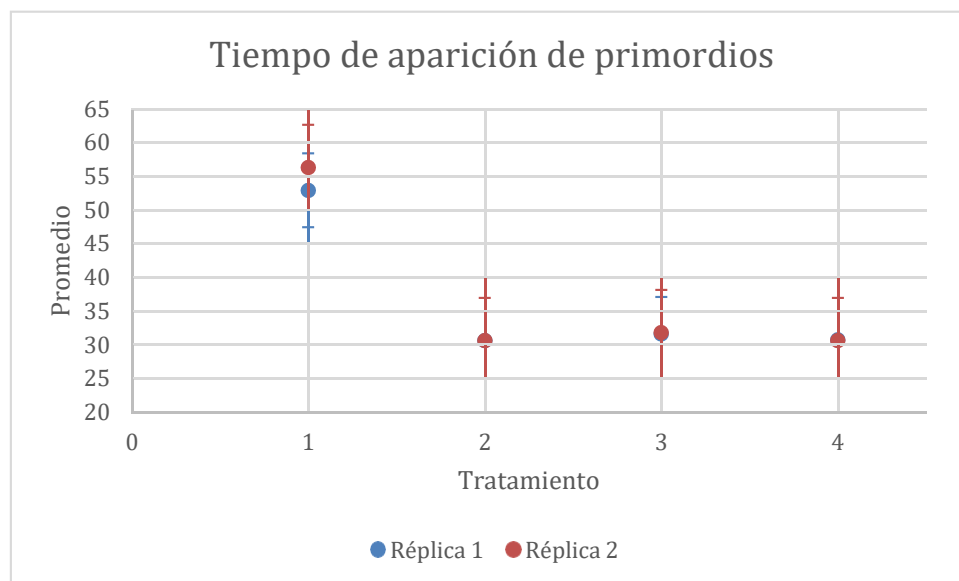


Figura 14: Tiempo de aparición de primordios.

7.5.2 Producción: cosecha, eficiencia biológica y tasa de productividad

- **Cosecha:**

El tratamiento que mayor producción presentó fue el de bagazo de caña tanto en la réplica uno como en la dos, pese a que fue el tratamiento que mayor tiempo de precocidad presentó.

En las cosechas se evidenciaron hongos muy grandes para el tratamiento 1 comparados con los demás tratamientos y paralelamente el sustrato a base de cáscara de plátano fue el que menor producción generó en las dos cosechas obtenidas por cada bolsa y por réplica. Los resultados de las dos cosechas se pueden observar en la Tabla 17

Cosecha por bolsa de sustrato y tratamiento

Tabla 17: Cosecha por bolsa

Cosecha peso (gramos)							
Tratamiento (Réplica 1)				Tratamiento (Réplica 2)			
1	2	3	4	1	2	3	4
163	175	135	189	216	164	100	145
204	170	121	203	206	160	126	134
263	155	185	180	215	167	81	162
216	173	166	203	261	138	92	131
189	184	149	219	246	174	100	135
307	180	141	159	201	171	122	144
226	189	111	191	214	178	104	229
214	160	138	194	217	172	104	130
189	186	132	171	234	143	109	115
204	182	158	167	196	178	87	156

Análisis

Los datos obtenidos en esta variable responden a una distribución normal, por lo tanto, se pueden analizar mediante ANOVA.

En la Tabla 18, se presentan los datos estadísticas de la primera réplica, allí se muestra que la probabilidad es igual a 0.000 lo que sugiere que hay diferencias entre alguno de los tratamientos, por ello se realizó la prueba de Tukey Tabla 19, allí se evidencia que los tratamientos 2 y 4 son estadísticamente iguales; así mismo los tratamientos 1 y 4.

Anova cosecha primera réplica

Tabla 18: Anova (Cosecha)

Fuente	Parcial SS	Df	MS	F	Prob>F
Modelo	28059.275	3	9353.0917	14.26	0.0000
Tratamiento	28059.275	3	9353.0917	14.26	0.0000
Residual	23613.7	36	655.93611		
Total	51672.9750	39	1324.9481		

Tukey primera réplica.

Tabla 19: Tukey

Tratamiento	Contraste	Error estándar	t	p> t
1 y 2	42.1	11.4537	3.68	0.004
1 y 3	73.9	11.4537	6.45	0.000
1 y 4	29.9	11.4537	2.61	0.060
2 y 3	31.8	11.4537	2.78	0.041
2 y 4	-12.2	11.4537	-1.07	0.713
3 y 4	-44	11.4537	-3.84	0.003

En el Anova de la segunda réplica se definió que en al menos alguno de los tratamientos hay diferencias significativas, así se puede ver en la tabla 20, donde $p=0.000$. Posteriormente en la prueba de Tukey se determinó que solo los tratamientos 2 y 4 son estadísticamente iguales $p=0.325$ Tabla 21, esto confirma el resultado de la primera réplica.

Anova réplica dos

Tabla 20: Anova 2

Fuente	Parcial SS	Df	MS	F	Prob>F
Modelo	71358.475	3	23786.158	52.76	0.0000
Tratamiento	71358.475	3	23786.158	52.76	0.0000
Residual	16230.3	36	450.84167		
Total	87588.775	39	2245.866		

Tukey réplica dos

Tabla 21: Tukey

Tratamiento	Contraste	Error estándar	t	p> t
1 y 2	56.1	9.495701	5.91	0.000
1 y 3	118.1	9.495701	12.44	0.000
1 y 4	72.5	9.495701	7.64	0.000
2 y 3	62	9.495701	6.53	0.000
2 y 4	16.4	9.495701	1.73	0.325
3 y 4	-45.6	9.495701	-4.80	0.003

En el gráfico se observa que el tratamiento 1 es el mejor en ambas réplicas respecto a los demás tratamientos, esto concuerda con Fernández (2014) donde el sustrato elaborado con este mismo residuo también fue el mejor comparado con los demás tratamientos.

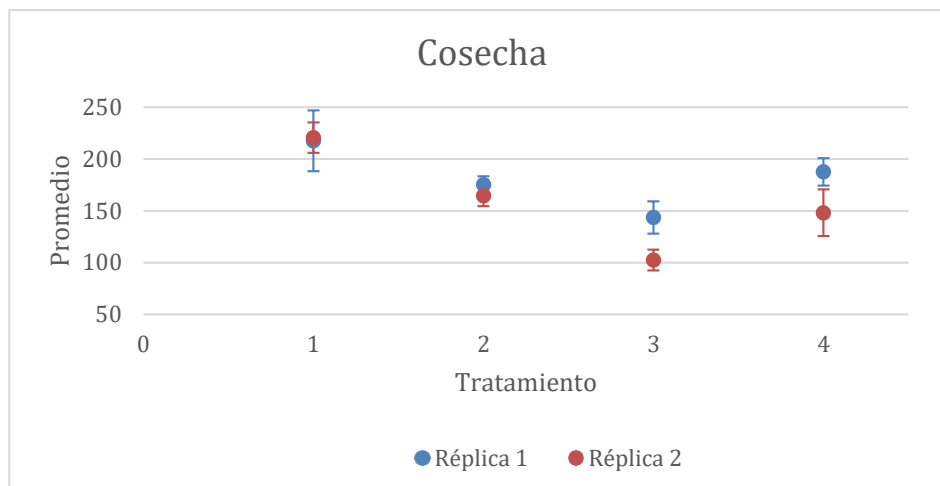


Figura 15: cosecha

▪ **%Eficiencia biológica:**

En concordancia con los resultados obtenidos en la cosecha, el tratamiento 1 que contenía el sustrato con bagazo de caña obtuvo el mayor porcentaje de eficiencia biológica, con un valor máximo de 87,71% en la primera réplica y un 74,57% en la segunda réplica. Contrariamente el mínimo valor de eficiencia fue el del tratamiento 3 con cáscara de plátano 31,71% en la primera siembra y 23,14% en la segunda. Lo anterior se puede observar en la tabla 22

% de eficiencia biológica por bolsa de sustrato y tratamiento

Tabla 22: eficiencia biológica

%Eficiencia biológica							
Tratamiento (Réplica 1)				Tratamiento (Réplica 2)			
1	2	3	4	1	2	3	4
46,5	50,0	38,	54,	61,	46,	28,	41,
7	0	57	00	71	86	57	43

58,2 9	48,5 7	34, 57	58, 00	58, 86	45, 71	36, 00	38, 29
75,1 4	44,2 9	52, 86	51, 43	61, 43	47, 71	23, 14	46, 29
61,7 1	49,4 3	47, 43	58, 00	74, 57	39, 43	26, 29	37, 43
54,0 0	52,5 7	42, 57	62, 57	70, 29	49, 71	28, 57	38, 57
87,7 1	51,4 3	40, 29	45, 43	57, 43	48, 86	34, 86	41, 14
64,5 7	54,0 0	31, 71	54, 57	61, 14	50, 86	29, 71	65, 43
61,1 4	45,7 1	39, 43	55, 43	62, 00	49, 14	29, 71	37, 14
54,0 0	53,1 4	37, 71	48, 86	66, 86	40, 86	31, 14	32, 86
58,2 9	52,0 0	45, 14	47, 71	56, 00	50, 86	24, 86	44, 57

Análisis

Los datos obtenidos en esta variable responden a una distribución normal, por lo tanto, se pueden analizar mediante ANOVA.

En la primera réplica, el Anova Tabla 23, muestra que existen diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos con un $p=0.000$. Evaluado esto se procedió a realizar la prueba de Tukey donde se determinó que los tratamientos 2 y 4 son estadísticamente iguales con un p igual a 0.0712; también los tratamientos 1 y 4 p igual a 0.060, esto se puede ver en la tabla 24

Anova primera réplica

Tabla 23: Anova

Fuente	Parcial SS	Df	MS	F	Prob>F
Modelo	2290.5058	3	763.50193	14.26	0.0000
Tratamiento	2290.5058	3	763.50193	14.26	0.0000
Residual	1927.4575	36	53.540487		
Total	4217.9633	39	108.15291		

Tukey primera réplica

Tabla 24; Tukey

Tratamiento	Contraste	Error estándar	t	p> t
1 y 2	12.028	3.272323	3.68	0.004
1 y 3	21.114	3.272323	6.45	0.000
1 y 4	8.542	3.272323	2.61	0.060
2 y 3	9.086	3.272323	2.78	0.041
2 y 4	-3.486	3.272323	-1.07	0.712
3 y 4	-12.572	3.272323	-3.84	0.003

En la segunda réplica se halló diferencias significativas en alguno de los tratamientos, estos resultados se presentan Tabla 25. Con la prueba de Tukey se encontró que el tratamiento 2 y 4 son estadísticamente iguales p igual 0.325 evidenciado en la Tabla 26 y concuerda con el resultado de la réplica uno.

Anova réplica dos.

Tabla 25: Anova

Fuente	Parcial SS	Df	MS	F	Prob>F
Modelo	5625.5189	3	1941.6396	52.76	0.0000
Tratamiento	5625.5189	3	1941.6396	52.76	0.0000
Residual	1324.9556	36	36.804322		
Total	7150.4745	39	183.3455		

Tukey réplica dos.

Tabla 26: Tukey

Tratamiento	Contraste	Error estándar	t	p> t
1 y 2	16.029	2.713091	5.91	0.000
1 y 3	33.744	2.713091	12.44	0.000
1 y 4	20.714	2.713091	7.64	0.000
2 y 3	17.715	2.713091	6.53	0.000
2 y 4	4.685	2.713091	1.73	0.325
3 y 4	-13.03	2.713091	-4.80	0.003

Complementando la información, en la gráfica se puede observar que el tratamiento 1 es el mejor en promedio en ambas replicas respecto a los demás tratamientos; este resultado es congruente con los datos de cosecha y con los resultados de Fernández (2014) considerando que el bagazo de caña es un sustrato rico en celulosa y hemicelulosa lo que favorece el desarrollo del cultivo de *Pleurotus*.

Según Sánchez y Col (2006) la eficiencia biológica es aceptable cuando es superior al 50% y esto se puede evidenciar en este estudio en los tratamientos 1,2 y 4 de la primera réplica y el tratamiento 1 de la segunda réplica

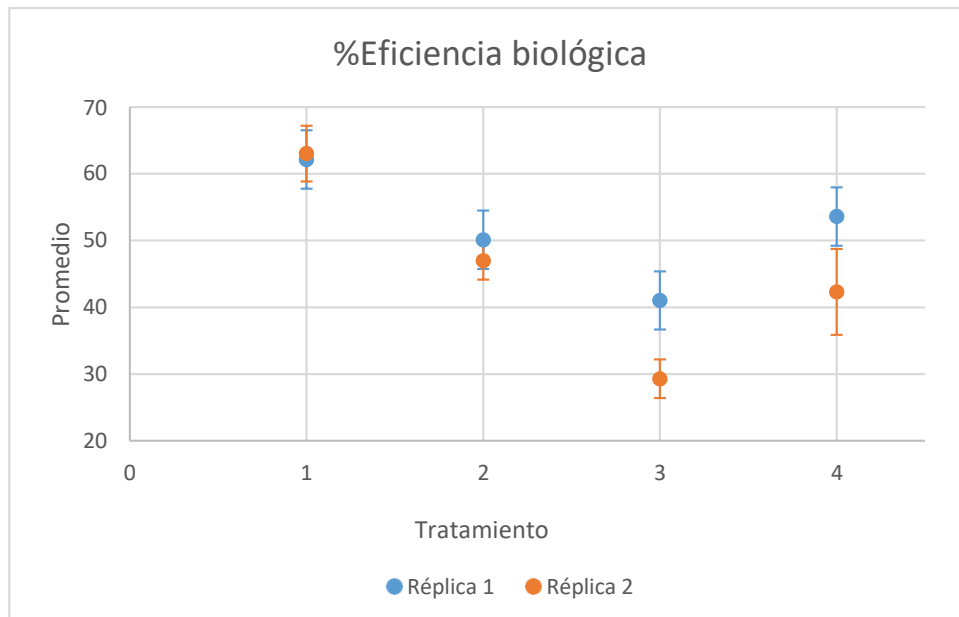


Figura 16: Eficiencia biológica

- **Tasa de productividad:**

De acuerdo a los datos obtenidos se determinó que la mayor tasa de producción se dio con un valor máximo de 1,12 en una de las bolsas del tratamiento 4 correspondiente a las mezclas de residuos en la primera réplica, de igual manera en la segunda réplica se presentó en el mismo tratamiento con un valor de 1,09 a razón de los días de cultivo.

En la Tabla 27, se puede observar todos los datos relacionados de cada bolsa de sustrato para ambas réplicas, al igual que sus valores máximos y mínimos. Con respecto al menor valor en tasa de producción se estableció que en la primera réplica el menor valor fue de 0,55 para el tratamiento con bagazo de caña y en la segunda de 0,36 para el tratamiento 3 con cáscara de plátano.

Hay que tener presente que los residuos pueden variar en su composición dependiendo la procedencia y esto puede influir directamente en el cultivo del hongo, lo que implica también que se demoró mayor tiempo de producción o que la cosecha sea menor.

Tasa de productividad por bolsa de sustrato y tratamiento.

Tabla 27: Tasa de productividad

Tasa de productividad							
Tratamiento (Réplica 1)				Tratamiento (Réplica 2)			
1	2	3	4	1	2	3	4
0,55	0,83	0,6 4	0,9 8	0,7 8	0,8 1	0,4 1	0,7 4
0,69	0,82	0,5 6	1,0 7	0,7 3	0,7 7	0,5 3	0,6 4
0,88	0,76	0,8 4	0,8 6	0,7 4	0,8 0	0,3 5	0,8 3
0,74	0,82	0,7 5	1,0 5	0,8 9	0,6 6	0,4 0	0,6 7
0,68	0,96	0,6 9	1,1 2	0,8 3	0,8 9	0,4 5	0,6 4
1,08	0,95	0,6 9	0,8 0	0,6 8	0,8 7	0,5 5	0,7 2
0,81	1,02	0,5 8	1,0 1	0,7 3	0,9 1	0,4 8	1,0 9

0,82	0,88	0,7 0	1,0 5	0,7 2	0,7 8	0,4 4	0,6 6
0,68	1,02	0,7 1	0,9 4	0,7 6	0,6 6	0,4 6	0,5 5
0,72	0,87	0,7 8	0,8 0	0,6 5	0,8 3	0,3 6	0,8 0

Análisis

Los datos obtenidos en esta variable responden a una distribución normal, por lo tanto se pueden analizar mediante ANOVA. De acuerdo a lo anterior se encontró que en la primera réplica existen diferencias significativas entre los tratamientos $p < 0,05$ ver Tabla 28. Al hacer la prueba de Tukey presentada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 29, se definió que los tratamientos 1 y 2 son estadísticamente iguales ($p = 0.063$); también los tratamientos 1 y 3 ($p = 0.507$) y los tratamientos 2 y 4 ($p = 0.466$).

Anova primera réplica

Tabla 28: Anova

Fuente	Parcial SS	Df	Promedio de cuadrados	F	Prob> F
Modelo	0.45619571	3	0.15206524	12.1763624	0.0000
Tratamiento	0.45619571	3	0.15206524	12.1763624	0.0000
Residual	0.44958817	36	0.01248856		
Total	0.90578387	39	0.023224969		

Tukey primera réplica

Tabla 29: Tukey

Tratamiento	Contraste	Error estándar	t	p> t
1 y 2	-0.12946	0.04997778	-2.59	0.063
1 y 3	0.07001	0.04997778	1.40	0.507
1 y 4	-0.20289	0.04997778	-4.06	0.001
2 y 3	0.19947	0.04997778	3.99	0.002
2 y 4	-0.07343	0.04997778	-1.47	0.466
3 y 4	-0.27290	0.04997778	-5.46	0.000

La Tabla 30, presenta los datos estadísticos de la segunda réplica, en la que se halló diferencias significativas entre los tratamientos. De acuerdo a lo anterior se realizó la prueba de Tukey y se encontró que los tratamientos 1 y 2 son estadísticamente iguales ($p=0.703$); al igual que los tratamientos 1 y 4 ($p=0.983$); además del 2 y 4 ($p=0.477$) ver Tabla 31. Estos resultados son similares a la réplica uno.

Anova segunda réplica.

Tabla 30: Anova

Fuente	Parcial SS	Df	Promedio de cuadrados	F	Prob>F
Modelo	0.77520423	3	0.25840141	26.4554	0.0000
Tratamiento	0.77520423	3	0.25840141	26.4554	0.0000
Residual	0.35162688	36	0.00976741		
Total	1.12683111	39			

Tukey réplica dos.

Tabla 31: Tukey

Tratamiento	Contraste	Error estándar	t	P> t
1 y 2	0.04781999	0.0420075	-1.08	0.703
1 y 3	0.30635	0.0420075	6.93	0.000
1 y 4	0.01631001	0.0420075	0.37	0.983
2 y 3	0.35417	0.0420075	8.01	0.000

2 y 4	0.06413	0.0420075	1.45	0.477
3 y 4	0.29004	0.0420075	-6.56	0.000

En la gráfica se muestran que la mejor tasa de producción en promedio corresponde al tratamiento 4 respecto a la primera réplica, seguido del tratamiento 2 y esto corresponde con los datos anteriormente analizados donde se indica que ambos tratamientos son estadísticamente iguales. Este es un indicativo de eficiencia en relación a los días requeridos para la producción, por ello es muy importante hacer la comparación pues pese a que el tratamiento 1 presentó mejor eficiencia fue el que requirió más días de cultivo, lo que implica unos gastos de mantenimiento y por ello sería conveniente evaluar la tasa de producción Vs costos día para tener una mejor selección de los residuos.

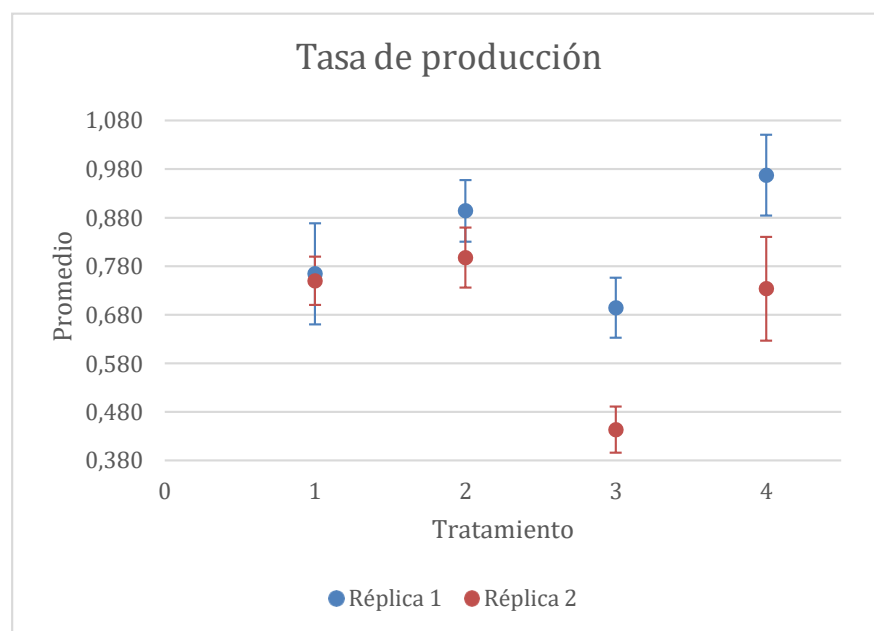


Figura 17: Tasa de producción

Sustratos	Velocidad de crecimiento	Productividad y Rendimiento
Bagazo de caña	90 días (Tres meses)	<p>Fue el tratamiento que mayor producción presentó, 4383 Kg, por tanto el de mayor eficiencia biológica, se obtuvo hogos de gran tamaño.</p> <p>Es un buen sustrato para la producción del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>, pero es importante revisar los tiempos de cultivo para determinar si en costos se justica mantener el cultivo muchos más días que los otros residuos evaluados.</p>
Cascarilla de café	30 días (Un mes)	<p>Presentó un comportamiento muy similar al tratamiento 4 (Mezcla), durante su cultivo y en todas las evaluaciones fueron estadísticamente iguales; por tal motivo la tasa de producción es promisoría para este tratamiento, siendo un residuo optimizante para la creación de sustratos para la producción del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>.</p> <p>La cosecha en peso fue de 3405 kg.</p>

Cáscara de Plátano	30 días (Un mes)	Fue el tratamiento de menor producción, 2476 kg; por tanto el de menor eficiencia biológica respecto a los demás; se recomienda utilizarlo sólo como fuente de carbono en el cultivo. Además, los carpóforos generados fueron muy pequeños, lo que comercialmente no están rentable.
Mezcla (Bagazo de caña, cascarilla de café y cáscara de plátano)	30 días (Un mes)	Tuvo una cosecha de 3365 kg, presentó comportamientos muy similares al tratamiento con cascarilla de café durante el tiempo de cultivo, la tasa de producción obtenida es aceptable, convirtiéndolo en un buen residuos para la obtención de sustratos para el cultivo del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>

8 Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

El mejor sustrato para el desarrollo y producción de *Pleurotus ostreatus* en el proyecto desarrollado es el bagazo de caña, comparándolo con los otros 2 utilizados, cascara de plátano, cascarilla de café; ya que alcanzó un porcentaje de eficiencia biológica de 87,71% en la primera siembra, en un periodo de producción de 52,9 días y un peso de carpóforos de 2176 Kg y un porcentaje de eficiencia biológica en la segunda siembra de 74,57 en un período de producción de 56.3 días y un peso de carpóforos de 2207 Kg; con excelentes características organolépticas, considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de *pleurotus ostratus*.. Contrariamente el mínimo valor de eficiencia biológica, fue el del tratamiento 3 con cáscara de plátano 31,71% en la primera siembra, con un periodo de siembra de 31,6 días y un peso de carpóforos de 1439 Kg y 23,14% de eficiencia biológica en la segunda siembra, durante un periodo de 31.8 días y la obtención de un peso de carpóforos de 1028 Kg, muy pequeños. La cascara de plátano se recomienda utilizar solo como fuente de carbono, no como un residuo potencialmente apto para la producción del hongo *Pleurotus Ostreatus*

Recomendaciones

Se recomienda evaluar otros sustratos producto de las actividades agrícolas en la zona, a fin de determinar la adaptación y productividad del hongo *Pleurotus Ostreatus*, que se desconocen si son superiores a las condiciones ofrecidas por el bagazo de caña.

Se recomienda realizar análisis fisicoquímico (Carbohidratos, fibra cruda, Lípidos, Ceniza, proteína), de los carpóforos.

Realizar análisis detallados de la composición química y estructural de cada uno de los residuos, y así determinar la posible interferencia en el crecimiento y desarrollo de *Pleurotus Ostreatus* por parte de algún compuesto del residuo.

Efectuar mezclas de diferentes sustratos variando el tamaño de la partícula de los residuos que se vayan a utilizar como fuente de carbono para establecer si tiene influencia en el porcentaje de eficiencia biológica en la producción del hongo *Pleurotus Ostreatus*.

La producción de *Pleurotus Ostreatus* en el municipio de Supia, podría impulsarse de forma artesanal con comunidades especiales como Población afrodescendiente del Consejo Comunitario de Guamal, población desplazada, madres cabeza de familia y jóvenes emprendedores que requieren mejorar sus ingresos y la calidad de vida.

9 Bibliografía.

Aguilar Gaitán M. E. 2003. La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las Setas *Pleurotus Spp.* G

Archila 2004. Producción y determinación de la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus Ostreatus*

ATLAS, R. BARTHA, R. 2002. Ecología microbiana y microbiología ambiental. Cuarta Edición. Editorial Adisson Wesley. Madrid, España. 677 págs.

Bayona, P. (2012). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de orellanas en Moniquirá Boyacá. Recuperado de <http://repository.ean.edu.co/bitstream/10882/2429/1/BayonaEslid2012.pd>

Benavides, O. (2013). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para el cultivo de orellanas (*Pleurotus ostreatus*). Trabajo de pregrado. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto.

Bressani y Col. 1972. Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio.

CABRERA T., J. Cacas, F., Rojas, C. Y Vivero S., S. (1998). Alimentos de la naturaleza. Algunas plantas comestibles, silvestres arvenses y ruderales. Semarnap. México, D.F. 245 págs.

Chang, S.T. V P.G. Miles, 1989. Edible mushrooms and their cultivation. CRC Press. Boca aton.

CURVETTO, N. Biotecnología de hongos comestibles y medicinales. Bahía Blanca, s.e., 1999. 74 p

De Diego, 1975. El cultivo de Setas como alternativa económica.

Feng C, Zeng G, Huang D, Hu S, Zhao M, Lai C, Huang C, Wei Z, Li N. (2011) Effect of ligninolytic enzymes on lignin degradation and carbón utilization during lignocellulosic waste composting. Process Biochemistry 46: 1515 – 1520 p.

Fernández, Y. (2014). Cultivo de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango. Trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Medellín.

García. R (1987). Cultivo de setas y frutas. Ed. Mundi-prensa. P 133

Garcia R.M. 2003. Cultivo de setas y trufas. Cuarta Edición. Ediciones Mundi-Prensa España.

Garzón y Cuervo, J. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia.

GRANADOS, S. 2004. Orellana Sajor. Manual cultivo de setas comestibles tropicales. Armenia. Colombia

Guzmán G. Mata G. y otros.- El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales". (Instituto Politécnico Nacional.1993.México).

J. Solorza Fera, R. Rendón Villalobos, J. Sánchez Muñoz, E. Flores Huicoche (2013) Composición del bagazo de caña por análisis termo gravimétrico, Instituto Politécnico Nacional, Depto. Desarrollo Tecnológico. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos.

MARTIN, A. 1981. Introducción a la microbiología del suelo. AGT editores, México. Páginas 47-61.

Menya, E. and Komakech, A. J. 2013. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.8 Núm 2 15 de febrero- 31 de marzo, 2017 p 321-331.

MILES, P. CHANG, S. 1997. Mushroom biology, Concise Basics and current development. First Edition. Ed. World scientific. Singapore.

Montañez y Sanchez, 2012. *Pleurotus ostreatus* (orellana) y sus potencialidades agroindustriales

OEI, P. 2003. Mushroom cultivation. Tercera edición. Backhuys Publishers. Leiden, Holanda.

Pacioni, G. 1984. Champignons hypogés nouveaux pour l'Afrique du nord. Bulletin de la Société Mycologique de France. 100(1):111-125

Ríos, MD., Hoyos, JL., & Mosquera, SA. (2010). Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus*. Propagada en diferentes medios de Cultivo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 8(2), 86-94.

Rios,W.F., Valdes, R.A., Jimenez, J.P. (2017). Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales. Scientia Agropecuaria 8(4): 327 – 335. Journal. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n4/a04v8n4.pdf>

ROMERO, J. RODRIGUEZ, M. PÉREZ, R. 2000. *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. Cuatro caminos, Ciudad de Cienfuegos. 155 págs.

Ronderos, C., Palacios, L. (2010). Aspectos económicos, sociales y ambientales de la industria de la caña de azúcar en Colombia. Universidad Sergio Arboleda.

Ruiz, Juan. (2014) Curso producción de *Pleurotus ostreatus*, Casaorrellana, Colombia

Steineck. H (1987). Cultivo comercial de champiñón. 2 ed. Barcelona. ACRIBIA. P 142.

STAMETS, P. 2000. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Third Edition. Ten Speed Press. Berkeley, Toronto

Taurachand. D., 2005 Manual del cultivador de hongos 1. Parte II. Capítulo 5 sustrato bagazo de caña de azúcar. Recuperado de [http://www.hongoscomestiblelatinoamerica.com/P/P/oyster%20bien/capitulo% 205%20 pag.121-124.pdf](http://www.hongoscomestiblelatinoamerica.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%205%20pag.121-124.pdf)

TORRES, M. G. 2003. Potencial de la microbiota nativa comestible y medicinal en el municipio de Quibdo. Investigadora asociada. Universidad Tecnológica del Chocó.

9 ANEXOS.

Anexo I: Diseño experimental

1. Velocidad de crecimiento

1.1 Tiempo de colonización

Réplica 1								
Tratamiento	Obs	Mea	Std. Dev.	Min	Max	Std. Err.	[95% Conf.	Interval]
tto = 1	10	40,3	1,05935	39	42	0,3349959	39,54219	41,05781
tto = 2	10	15,8	0,6324555	15	17	0,2	15,34757	16,25243
tto = 3	10	12,5	0,7071068	11	13	0,2236068	11,99417	13,00583
tto = 4	10	20,1	0,5676462	19	21	0,1795055	19,69393	20,50607
Réplica 2								
Tratamiento	Obs	Mea	Std. Dev.	Min	Max	Std. Err.	[95% Conf.	Interval]
tto = 1	10	44,5	0,8498366	43	46	0,2687419	43,89206	45,10794
tto = 2	10	20,3	0,4830459	20	21	0,1527525	19,95445	20,64555
tto = 3	10	15,8	0,6324555	15	17	0,2	15,34757	16,25243
tto = 4	10	19,9	0,7378648	19	21	0,2333333	19,37216	20,42784

1.2 Tiempo de aparición de primordios

Réplica 1								
Tratami- ento	Obs	Mea	Std. Dev.	Min	Max	Std.Err.	[95% Conf.	Interval]
tto = 1	10	52,9	1,523884	50	55	0,481894 4	51,80988	53,99012
tto = 2	10	30,6	0,9660918	30	33	0,305505	29,9089	31,2911
tto = 3	10	31,6	0,6992059	31	33	0,221108 3	31,09982	32,10018
tto = 4	10	30,7	0,8232726	30	32	0,260341 7	30,11107	31,28893
Réplica 2								
Tratami- ento	Obs	Mea	Std. Dev.	Min	Max	Std. Err.	[95% Conf.	Interval]
tto = 1	10	56,3	0,8232726	55	57	0,260341 7	55,71107	56,88893
tto = 2	10	30,6	0,6992059	30	32	0,221108 3	30,09982	31,10018
tto = 3	10	31,8	0,421637	31	32	0,133333 3	31,49838	32,10162
tto = 4	10	30,6	0,6992059 59	3 0	3 2	0,221108 3	30,099 82	31,100 18

2. Producción:

2.1. Cosecha: Peso

Réplica 1								
Trata- miento	Obs	Mea	Std. Dev.	Min	Max	Std. Err.	[95%Conf	Interval]
tto = 1	10	21 7,5	40,99 661	1 63	3 07	12,9 6427	188,1 728	246,8 272
tto = 2	10	17 5,4	11,17 736	1 55	1 89	3,534 591	167,4 042	183,3 958
tto = 3	10	14 3,6	21,78 787	1 11	1 85	6,889 928	128,0 139	159,1 861
tto = 4	10	18 7,6	18,53 046	1 59	2 19	5,859 845	174,3 441	200,8 559
Réplica 2								
Trata- miento	Obs	Mea	Std. Dev.	Min	Max	Std. Err.	[95%Conf.	Interval]
tto = 1	10	22 0,6	20,46 243	1 96	2 61	6,470 789	205,9 621	235,2 379
tto = 2	10	16 4,5	13,92 24	1 38	1 78	4,402 651	154,5 405	174,4 595

		10	14,15	8	1	4,477	92,37	112,6
tto = 3	10	2,5	98	1	26	723	069	293
		14	31,46	1	2	9,951	125,5	170,6
tto = 4	10	8,1	939	15	29	493	882	118

2.2. %Eficiencia biológica

Réplica 1								
Trata- miento	Obs	Mea	Std. Dev.	Min	Max	Std. Err.	[95 Conf.	Interval]
tto = 1	10	62, 142	11,7 1183	46,57	87,71	3,70 3607	53,7 6386	70,5 2014
tto = 2	10	50, 114	3,19 3003	44,29	54,54	1,00 9716	47,8 2986	52,3 9814
tto = 3	10	41, 028	6,22 6718	31,71	52,86	1,96 9061	36,5 7367	45,4 8233
tto = 4	10	53, 6	5,29 4108	45,43	62,57	1,67 4144	49,8 1282	57,3 8718
Réplica 2								
Trata- miento	Obs	Mea	Std. Dev.	Min	Max	Std. Err.	[95%Conf.	Interval]
tto = 1	10	63, 029	5,84 6683	56	74 ,57	1,84 8883	58,8 4654	67,2 1146

Réplica 2.								
Tratamiento	Obs	Mea	Std. Dev.	Min	Max	Std. Err.	[95% Conf.	Interval]
tto = 1	10	0,74 979	0,069 320	0,651	0,888	0,02 192	0,700 2016	0,799 3784
tto = 2	10	0,79 762	0,086 383	0,657	0,908	0,02 732	0,735 8153	0,859 4047
tto = 3	10	0,44 344	0,066 716	0,351	0,553	0,02 110	0,395 7144	0,491 1656
tto = 4	10	0,73 347	0,149 519	0,548	1,091	0,04 728	0,626 5207	0,840 4393

Anexo 2: Registro Fotográfico siembra 1

Tratamiento 1: Bagazo de caña



Figura 18. 11-02-2019 (2 días de incubación)



Figura 19. 15-02-2019 (6 días de incubación).



Figura 20. 21-02-2019 (11 días de incubación)



Figura 21. 25-02-2019 (16 días de incubación)



Figura 22. 29-03-2019 (20 días de incubación)



Figura 23. 03-03-2019(25 días de incubación)



Figura 24.07-03-2019 (29 días incubación)



Figura 25.11-03-2019(33 días de incubación)

Tratamiento 2: Cascarilla de café.

Figura 26. 5-02-2019 (6 días de incubación)



Figura 27. 20-03-2019 (11 días de incubación).



Figura 28. 25-02-2019 (16 días de incubación)



Figura 29. 01-03-2019(20 días de incubación)



Figura 30.06-03-2019 (25 días de incubación).



Figura 31.10-03-2019 (30 días de incubación)



Figura 32. 14-03-2019 (34 días de incubación).



Figura 33.18 -03 2019 (38 días de incubación)

Tratamiento 3: Cascara de Plátano



Figura 34. 11-02-2019 (2 días de incubación).



Figura 35. 15-02-2019 (6 días de incubación)



Figura 36. 20-02-2019 (11 días de incubación)



Figura 37. 25-02-2019 (16 días de incubación)



Figura 38. 06-03-2019 (25 días de incubación)



Figura 39. 10-03-2019 (29 días de incubación)



Figura 40- 14 -03-2019. (33 días de incubación)

Tratamiento 4: mezcla (Bagazo de caña, cascarilla de café, cáscara de plátano).



Figura 41. 11-02-2019(2 días de incubación).



Figura 42. 15-02-2019 (6 días de incubación)



Figura 43. 20-02-2019(11 días incubación)



Figura 44. 25-02-2019. (16 días de incubación)



Figura 45. 01-03-2019(20 días de incubación)



Figura 46. 06-03-2019 (25 días de incubación)

Toda la siembra 1- Los cuatro (4) tratamientos.



Figura 47. 11-02-2019 (2 días de incubación)



Figura 48. 20- 02- 2019(9 días de incubación)



Figura 49. 25-02-2019. (15 días de incubación)



Figura 50. 01-03-2019 (20 días de incubación)

Anexo 3: Registro Fotográfico siembra 2

Tratamiento 1: Bagazo de caña



Figura 51. 22-02-2019 (7 días de incubación)



Figura 52. 26-02-2019 (11 días de incubación)



Figura 53. 03-03-2019 (16 días de incubación).



Figura54.08-03-2019(21 días de incubación)



Figura 55. 14-03-2019 (27 días de incubación).

Tratamiento 2 Cascarilla de café



Figura 56. 22-02-2019 (7 días de incubación)



Figura 57. 03-03-2019- (16 días de incubación)



Figura 58. 07-03-2019 (20 días de incubación)



Figura 59. 17-03-2019 (27 días de incubación)

Tratamiento 3: Cáscara de plátano



Figura 60. 22-02-2019 (7 días incubación).



Figura 61. 26-02-2019. (11 días de incubación).



Figura 62. 03-03-2019(16 días de incubación).



Figura 63. 8-03-2019 (21 días de incubación).



Figura 64.14-03-2019. (27 días de incubación)

Tratamiento 4: Mezcla bagazo de caña, cascarilla de café, cáscara de plátano

Figura 65.22-02-2019 (7 días de incubación).



Figura 66. 03-03-2019(16 días de incubación)



Figura 67.03-03-2019(21 días de incubación).



Figura 68.09-03-2019(27 días de incubación)

